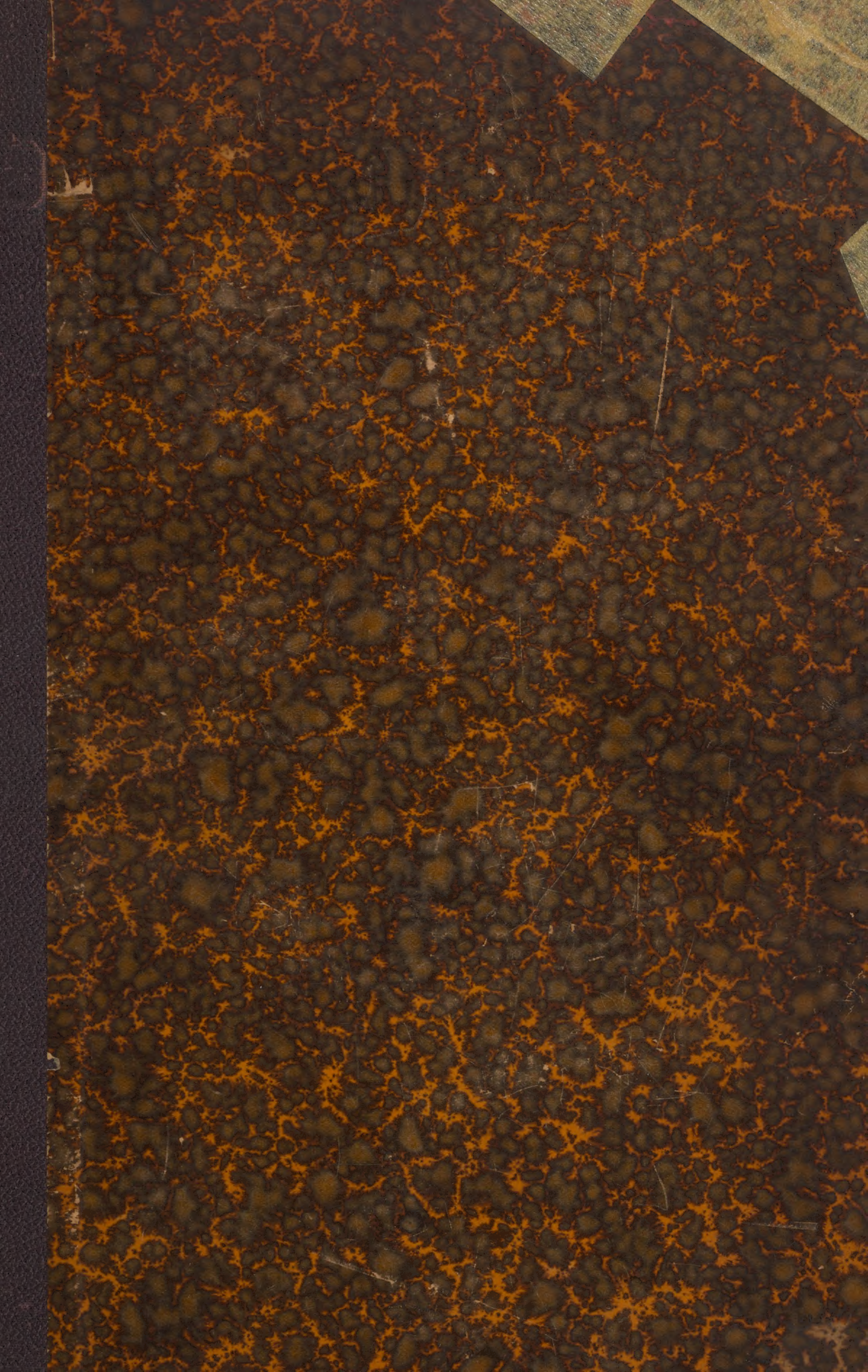


S. R. Deturler.

ZUR

GESCHICHTE DES GEHIRNS

SOWIE DER

CENTRALEN UND PERIPHERISCHEN NERVENBAHNEN BEIM MENSCHLICHEN EMBRYO.

VON

WILHELM HIS,
MITGLIED DER KÖNIGL. SÄCHS. GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN.

Des XIV. Bandes der Abhandlungen der mathematisch-physischen Classe der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften

Nº VII.

MIT ZWEI TAFELN UND SIEBENUNDZWANZIG HOLZSCHNITTEN.

LEIPZIG

BEI S. HIRZEL

1888.

Vorgetragen in der Sitzung vom 1. August 1887.
Das Manuscript übergeben am 19. Januar 1888.
Der Abdruck vollendet den 29. März 1888.

ZUR

GESCHICHTE DES GEHIRNS

SOWIE DER

CENTRALEN UND PERIPHERISCHEN NERVENBAHNEN

VON

WILHELM HIS.

HIERZU ZWEI TAFELN.

Im Jahre 1886 habe ich in den Abhandlungen der Königl. Sächs. Ges. d. Wissensch.[1]) über die Geschichte des menschlichen Rückenmarkes und der Nervenwurzeln berichtet. Der nachfolgende Aufsatz soll einen Beitrag zur Geschichte des Gehirns und seiner Nerven, sowie zu derjenigen des peripherischen Nervensystems liefern. Die Formentwickelung des Gehirns wird diesmal nur insoweit behandelt werden, als zum Verständniss des Uebrigen nöthig ist. Den Schwerpunkt dieser Mittheilung verlege ich in die Verfolgung der centralen und peripherischen Nervenbahnen während der Uebergangszeit vom ersten zum zweiten Monat. Zu dieser Zeit sind die sämmtlichen Kopfnerven angelegt, der Aufbau des Gehirns ist dabei noch von typischer Einfachheit und die Parallele seiner Wandbezirke mit denen des Gehirns lässt sich ohne Schwierigkeit verfolgen. Die Durchführung dieser Parallele ist aber eine Aufgabe, welche der Hirnforschung schon seit manchem Jahrzehnt vorschwebt und deren Lösung in ihren Hauptzügen gegeben sein muss, bevor man hoffen darf, die secundären Complicationen des Hirnbaues erfolgreich zu bewältigen[2]).

---

1) Bd. XIII. Nr. VI der mathemat.-physischen Klasse.

2) Ich darf hier an die einleitenden Worte anknüpfen, die ich vor 19 Jahren einem kleinen Aufsatz »über die Gliederung des Gehirns« (Verhandl. der naturf. Gesellschaft in Basel, Februar 1869. Bd. IV. S. 328) vorangestellt hatte: »Es ist eine der ersten Aufgaben der Entwickelungsgeschichte des Gehirns, zu verfolgen, wie sich die verwickelte Endgestalt des Organs aus der einfachen Urgestalt hervorbildet, und welches die wesentlichsten Bedingungen dieser Umbildung sind. Etwas einseitig ausgedrückt, handelt es sich darum, den gesammten Hirnbau auf den Typus des Rückenmarksbaues zurückzuführen, eine Aufgabe parallel derjenigen, welche die Wirbeltheorie des Schädels für das Gehäuse der nervösen Centraltheile seit Langem zu lösen gesucht hat. In mehr oder weniger präciser Weise ist diese Aufgabe bereits wiederholt in Angriff genommen worden. Von embryologischer Seite hat unstreitig C. E. v. Baer im 2. Theile seiner Entwickelungsgeschichte am

Die allgemeine Formentwickelung des Gehirns bis zum Ende des zweiten Monats.

Ende der zweiten Woche. In diese frühe Zeit fallen ALLEN THOMSON's Nr. 2 und mein Embryo *SR*, beide in Betreff von Grösse und Ausbildung in sehr erfreulicher Uebereinstimmung unter einander. Die Medullaranlage ist noch nicht zum Rohr geschlossen, ihre Axe wellenförmig gebogen, mit zwei dorsalen Erhebungen und einer dazwischen liegenden Einsenkung. Letztere befindet sich auf der Grenze zwischen Rumpf und Kopf. Der höchste Punkt der vorderen Erhebung bezeichnet den Ort des Mittelhirns, und das Vorderhirngebiet ist stark

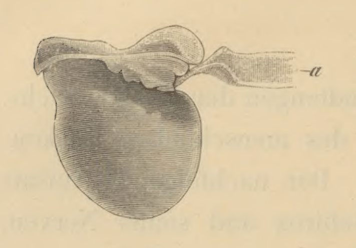


Fig. 1.
Embryo von ALLEN THOMSON im Profil gesehen. Vergr. 10. Nach einer unpublicirten Originalzeichnung. *a* Amnionfetzen.

meisten Material zu deren Lösung geliefert. Seine Darstellung von der Umbildung des vorderen Hirnendes ist noch jetzt durchaus mustergültig. Von rein anatomischer Seite aus haben STILLING, SCHROEDER v. D. KOLK, DEITERS u. A. zunächst für die Medulla oblongata den Nachweis geführt, dass sie sich auf den Typus des Rückenmarkes zurückführen lässt.« In der eben citirten Arbeit hatte ich versucht, einige von den Bedingungen festzustellen, welche bei der Umgestaltung des ursprünglich so einfach angelegten Medullarrohres in Betracht kommen. Mein damaliges Material war den Entwickelungsreihen vom Hühnchen, vom Frosch und von Knochenfischen entnommen und ich hatte in jener Zeit den Plan einer grösseren vergleichend embryologischen Arbeit über das Gehirn. Aeussere und innere Hindernisse haben diesen Plan damals nicht zur Realisirung kommen lassen, und das Ziel, das ich mir jetzt stecke, ist ein bescheideneres, als das meiner jüngeren Jahre. — In dem verflossenen Jahrzehnt sind, abgesehen von den entwickelungsgeschichtlichen Lehrbüchern, zwei grössere Monographien über Gehirnentwickelung erschienen: die bekannte »Entwickelungsgeschichte des Gehirns« v. MIHALKOVICS und die »Beiträge zur Anatomie und Entwickelungsgeschichte des Nervensystems« von L. LOEWE. Letzterer Autor hat sich zum Theil von ähnlichen Gesichtspunkten leiten lassen, wie ich selber, und so begegnen wir uns auch in einzelnen unserer Ergebnisse. LOEWE ist insbesondere, gleich mir, bemüht, das Princip durchgehender Längszonen im Gehirn zu consequenter Geltung zu bringen. Ich muss dies ausdrücklich anerkennen, weil ich in zahlreichen einzelnen Punkten LOEWE's Auffassungen nicht theile. Ueber die im vorliegenden, sowie im vorjährigen Aufsatze im Vordergrund stehende Frage der Nervenbildung findet man bei LOEWE keine brauchbaren Beobachtungen, es reichte seine Methodik zur Bearbeitung dieser Frage nicht aus.

vornüber gebogen. In der diesem Aufsatze beigegebenen Profilfigur Allen Thomson's sind die drei Hauptabtheilungen des Gehirns bereits unzweifelhaft erkennbar[1]).

Dritte Woche. Die der dritten Woche entstammenden Embryonen (*L*, *Lg*, *Rf*, *BB*, *Lr*) zeigen das Gehirn in die fünf Hauptabtheilungen gegliedert und längs seiner ganzen Ausdehnung geschlossen[2]). Als Ganzes betrachtet, stellt es nunmehr ein in nahezu rechtem Winkel gebogenes zweiarmiges Rohr dar. Der hintere Arm,

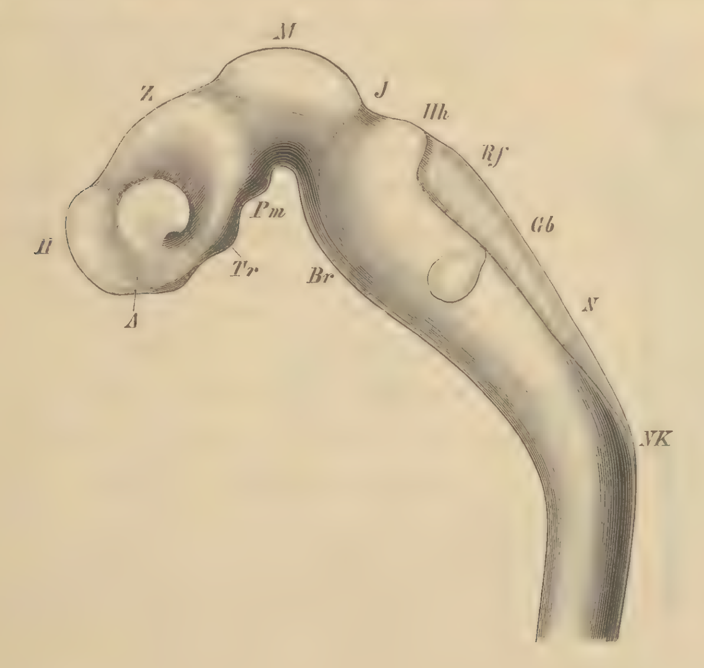


Fig. 2.
Gehirn vom Embryo *Lg*, Profil-Construction. Vergr. 35. *A* Augenblase, *H* Hemisphärenhirn, *Z* Zwischenhirn, *M* Mittelhirn, *I* Isthmus, *Hh* Hinterhirn, *N* Nachhirn, *Gb* Gehörblase, *Rf* Rautenfeld, *Nk* Nackenkrümmung, *Br* Brückenkrümmung, *Pm* Processus mammillaris, *Tr* Trichterfortsatz.

beinahe doppelt so lang als der vordere, umfasst das Nachhirn und das Hinterhirn, d. h. die Theile, welche die Rautengrube umschliessen. Der vordere Arm besteht aus dem Hemisphären- und dem Zwischenhirn. Beide Arme begegnen sich in dem die Ecke bildenden Mittelhirn. Ich bezeichne dieselben als Rautengruben-,

1) Herr Allen Thomson war s. Z. so gut, mir seine alten Originalzeichnungen zur Benützung überlassen (Anat. menschl. Embr. II, S. 35) und ich entnehme denselben die von ihm selber unpublicirte, für unsere Frage besonders interessante Figur 1.

2) Anat. menschl. Embr. Taf. IX, Fig. 6—15.

und als Grosshirnarm oder abgekürzt als Rautenhirn und als Grosshirn. Die auf deren Grenze befindliche Krümmung (die Scheitelkrümmung der Autoren) ist den übrigen Axenkrümmungen des Gehirns in ihrer Ausbildung weit voraus. Die Brücken- und die Nackenkrümmung sind noch am Schlusse der dritten Woche (Embryo *Lr*) nur mässig entwickelt. Dagegen charakterisirt sich das Gebiet der Rautengrube von früh ab durch die Verbreiterung des Hirnrohres und durch die Verdünnung seiner Decke. Die verdünnte Decke ist es ja auch, die vermöge ihrer Durchsichtigkeit von der Umgebung bald in bekannter Weise sich abhebt und ein äusserlich erkennbares Feld bildet, das sich als Rautenfeld bezeichnen lässt. Die grösste Breite des Feldes fällt in dessen oberen Abschnitt, seine oberen Ränder bilden miteinander einen stumpfen, die unteren einen spitzen Winkel. Die Divergenz der unteren Ränder ist in der dem Rückenmarke zugewendeten Hälfte (dem Gebiete des Calamus scriptorius) grösser, als in der entgegengesetzten. Demnach zeigen die Ränder eine gebrochene Ecke, welche noch in späteren Stadien wahrnehmbar ist. Im Ganzen hat das Rautenhirn dieser Periode eine sehr auffallende Aehnlichkeit mit demjenigen vom Frosch oder von Petromyzon. Die Gehörblasen befinden sich unterhalb der Stelle grösster Rautengrubenbreite. Der obere Theil des Rautenhirns setzt sich durch die verjüngte Strecke des Isthmus vom Mittelhirn ab.

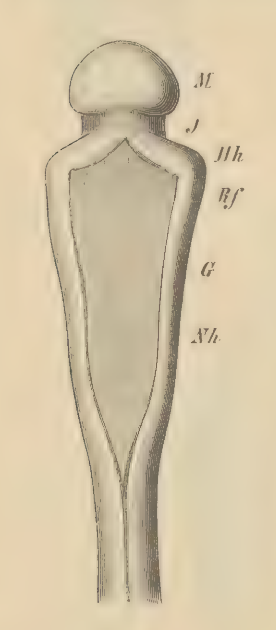


Fig. 3.
Rautenhirn desselben Embryo von der Rückseite.

Der vordere Arm des Gehirnrohres zeigt schon bei den jüngsten hierher gehörigen Embryonen (*Lg* bis L_1) ein selbständig abgegliedertes Zwischenhirn. Es ist vom Mittelhirn durch eine auch am oberen Rande einschneidende Furche, die Scheitelfurche, abgesetzt, sein vorderes Ende ist durch das Abgehen der beiden Augenblasen bezeichnet. Die Basis des Zwischenhirns schärft sich nach rückwärts etwas zu und läuft in eine winklig vortretende Spitze aus, die ich als Processus mammillaris bezeichnen will[1]). Es ist dieses Ge-

1) In der Anat. menschl. Embr. Heft I, p. 25 habe ich diese Bildung Hypo-

bilde nicht mit dem Trichterfortsatz zu verwechseln. Letzterer liegt zwar auch an der Basis des Zwischenhirns, aber weiter nach vorn, als der Proc. mammillaris, nahe hinter der Abgangsstelle der Augenblasen und er zeigt sich bei den Gehirnen dieser Zeit (*Lg* bis *Lr*) nur als ein stumpfer Vorsprung.

Die beiden Augenblasen treten als breite Ausladungen aus der Seite des Grosshirns hervor und zwar greift ihr Wurzelgebiet in das Zwischenhirn über. Sie sind etwas nach rückwärts gebogen und demgemäss hinten durch eine tiefe, vorn durch eine seichte Furche abgesetzt. Noch stehen sie Anfangs (*Lg*) mit der Hirnhöhle in weiter Verbindung und ihr Stiel ist fast eben so hoch als die Augenblasen selbst. Der Abschnitt des Hemisphärenhirns ist noch sehr unbedeutend. Im Profil gesehen erscheint er als halbmond- bez. als keulenförmiger Streifen vor und zum Theil über der Augenblase und er schliesst sich an deren Wand mittelst der oben erwähnten seichten Furche an. Nach vorn wölbt sich das Hemisphärenhirn kuglig vor und es ist noch nicht in seine beiden Seitenhälften getheilt.

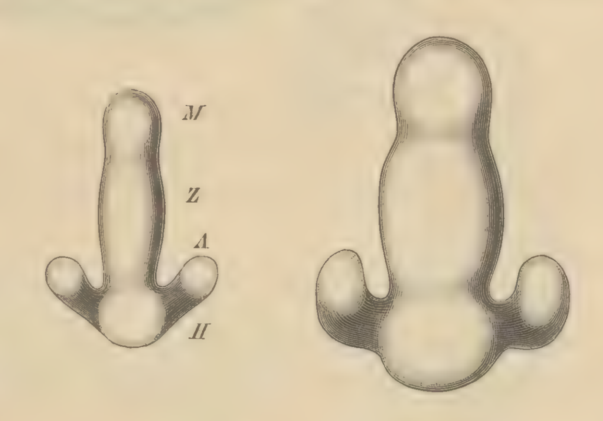


Fig. 4 und 5.
4. Frontalansicht des Grosshirns vom Embryo *Lg* Constr. Vergr. 60.
5. Dieselbe Ansicht vom Embryo *Lo*. Vergr. 40.

Vierte Woche (*α*, *Bl*, *R*, *B*, *A*, *Pr* u. a.). In den Beginn der vierten Woche fällt beim menschlichen Embryo die starke Vornüberneigung des Kopfes und im Zusammenhang damit auch eine Zunahme der verschiedenen Gehirnkrümmungen. Am stärksten nimmt wiederum die Scheitelkrümmung zu und nächst ihr die Nackenkrümmung, während die Brückenkrümmung am Ende der vierten Woche hinter den übrigen noch zurückgeblieben ist. Die Zunahme der Scheitel- und der Brückenkrümmung führt zu einer starken Annäherung der basilaren Abschnitte beider Gehirnarme an einander, derart, dass sie

physensäckchen genannt, eine Bezeichnung, die ich fallen lassen muss, da sie auf einer irrthümlichen Voraussetzung beruht.

sich schliesslich beinahe berühren und der Trichterfortsatz nahe vor den Brückenwulst zu liegen kommt. Eine tiefe Spalte, die Sattelspalte, reicht von hier aus bis zur Basis des Mittelhirns. Letzteres hat, im Profil gesehen, nunmehr die Gestalt eines zwischen die beiden

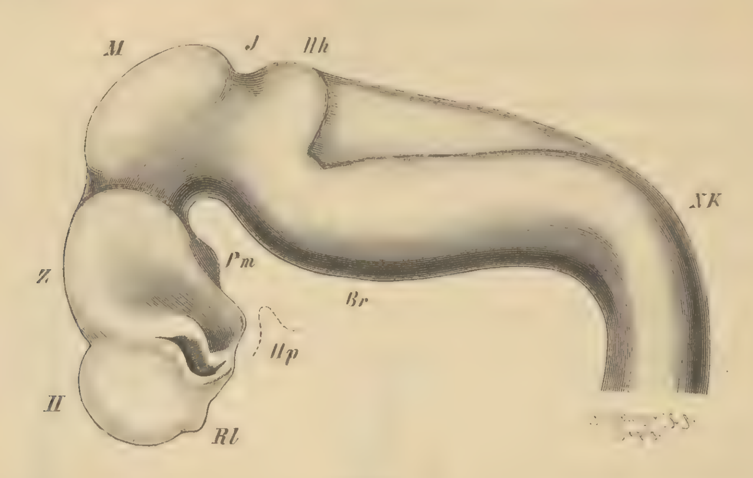


Fig. 6.
Gehirn eines Embryo (ca. $3^1/_2$ Wochen alt). Profilconstr. Vergr. 30. Die Augenblase ist abgeschnitten gedacht. Die Hypophysentasche *Hp* ist punktirt angegeben. Bezeichnungen wie oben. *Rl* Riechlappen.

Gehirnarme eingeschobenen Keiles. Zwei breite, im Grunde der Sattelspalte zusammentreffende Furchen scheiden dasselbe einerseits

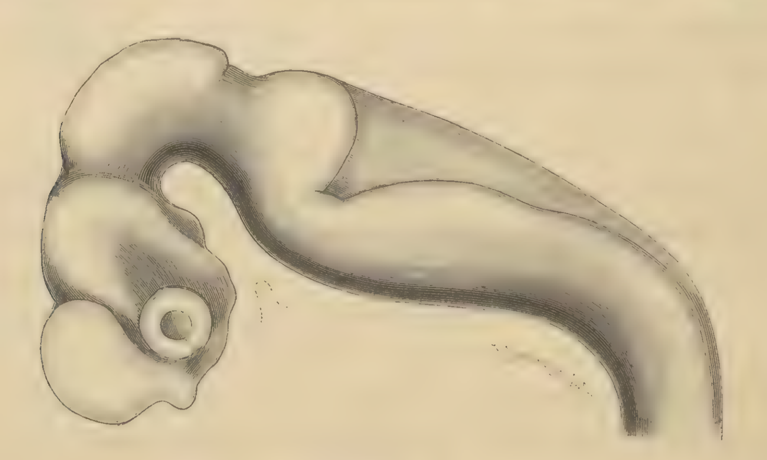


Fig. 7.
Gehirn eines vierwöchentlichen Embryo. Profilconstr. Vergr. ca. 14.

vom Hinterhirn, andererseits vom Zwischenhirn, und seine Decke bildet einen ziemlich langgestreckten schrägen Wulst.

Im hinteren Gehirnarme rücken mit zunehmender Entwickelung der Brückenkrümmung die vordere und die hintere Umgrenzung des

Rautenfeldes näher aneinander und der an der Grenze beider Abschnitte liegende Winkel wird immer spitzer. Die an das Feld anstossenden Ränder des Medullarrohres treiben sich lateralwärts hervor und beginnen zu selbständigen Wülsten zu werden.

Am Vorderhirn kommt es zu einer zunehmenden Abschnürung der Augenblasen und zu einer Abgliederung der beiden Hemisphären von einander und vom Zwischenhirn. Noch ist das Zwischenhirn erheblich länger als die Hemisphären und es liegt in seiner gesammten Ausdehnung frei zu Tage. Eine mediane Längsleiste läuft seiner Decke entlang nach rückwärts und ist bis gegen das Mittelhirn verfolgbar.

F ü n f t e W o c h e (*Br*$_3$, *S*$_1$, *Br*$_1$, *Br*$_2$, *Sch*$_2$, α u. a. m.). Die Augenblasen emancipiren sich vollständig und bleiben mit dem Zwischenhirn nur noch durch einen langen und stellenweise dünnen Stiel in Verbindung, die Hemisphären wölben sich als birnförmig gestaltete Körper über die Oberfläche empor und beginnen das Zwischenhirn zu überlagern. An ihrer Basis kommen die Andeutungen eines selbständigen Riechlappens zum Vorschein, an ihrer Aussenfläche der Anfang der Fossa Sylvii, an der medialen Oberfläche die ersten Furchen.



Fig. 8.
Dorsalansicht des Rautenhirns vom Embryo *Ru* (ca. 1 Monat alt). Direct nach der Natur.

Die Nackenkrümmung des Gehirns erreicht in dieser Periode einen besonders hohen Grad der Ausbildung. Sie gleicht sich späterhin, wenigstens theilweise, wieder aus, wenn einmal die Wiederaufrichtung des Kopfes ausgiebiger stattfindet.

S e c h s t e b i s a c h t e W o c h e. Der bedeutsamste Vorgang dieser Periode ist die starke Ausbildung der Brückenkrümmung. Das Nachhirn schiebt sich unter das Hinterhirn, die dorsalen Flächen dieser beiden Abtheilungen rücken bis beinahe zur Berührung an einander, ein dazwischen offen bleibender Schlitz entspricht der späteren F i s s u r a t r a n s v e r s a p o s t e r i o r c e r e b r i. Die in scharfem Zickzack gebogene Gehirnaxe bildet nunmehr ein Doppelgewölbe mit drei Fuss- und zwei Scheitelpunkten, erstere liegen

im Halsrückenmark, im Brückenwulst und im Trichter, die letzteren haben ihren Ort im Nackenhöcker und im Mittelhirn. Der Eingang zur Sattelspalte hat sich sehr verengt, wogegen der Grund derselben

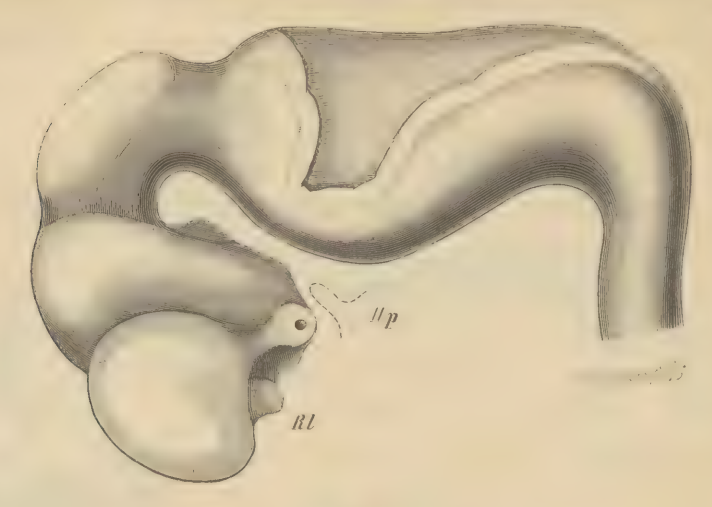


Fig. 9.
Gehirn vom Embryo S_1. Vergr. 10. Alter ca. 33 Tage. Profilconstr.

etwas ausgeweitet bleibt. Die RATHKE'sche Tasche erreicht auch zur Zeit ihrer grössten Ausbildung nur den Eingang der Sattelspalte.



Fig. 10.
Gehirn vom Embryo *Sch*₂ (5 Wochen alt). Profilconstr.

Ueber und vor ihr liegt der tief herabreichende Trichterfortsatz, dessen eine Ecke den Brückenwulst fast unmittelbar berührt.

Der lange Bogen, den die Hirnbasis im Bereich der eng ge-

schlossenen Sattelspalte beschreibt, erstreckt sich vom vorspringenden Theil der Brückenkrümmung bis zum Trichterfortsatz und sein Scheitelpunkt berührt den Boden des Mittelhirns. Die unpaare Arteria basilaris steigt weit herauf in die Spalte und bezeichnet die Längenausdehnung des Brückengebietes. Dieses ist im grössten Theil seiner Länge dem Zwischenhirn zugekehrt, nur durch eine schmale Bindesubstanzplatte, den mittleren Schädelbalken Rathke's, davon getrennt. Im Verlauf der späteren Entwickelung muss sich die beinahe geschlossene Sattelspalte wieder öffnen, und alle die Theile,



Fig. 11.
Gehirn vom Embryo *Zw* (ca. 7½ Wochen alt). Profilconstr. Die Arteria basilaris ist vom Ort ihrer Bildung aus den Aa. vertebrales bis zu ihrer Theilung in die Aa. profundae gezeichnet.

welche eine Zeit lang an deren Begrenzung Theil nahmen, der hintere Theil des Tuber cinereum, die Gegend der Corpora mammillaria, die Hirnschenkel nebst der Fossa Tarini und der betheiligte Abschnitt der Brückenoberfläche, bekommen hiernach eine freiere Lage. Das unter dem Mittelhirn liegende obere Ende der Spalte ist von früh ab erheblich weiter, als der übrige Theil der Spalte. Hier entwickeln sich in der Folge die Hirnschenkel und der Raum wird dadurch etwas ausgefüllt. Die Fossa Tarini bezeichnet den Ort des früheren Spaltengewölbes.

Die Hemisphären sind am Ende des zweiten Monats erheblich gewachsen und sie überdecken das Zwischenhirn zum grossen Theil.

Ihre Form ist eine gleichmässig gewölbte, die laterale Fläche noch glatt. In dieser Zeit beginnt auch das Cerebellum als selbständige Bildung hervorzutreten.

Die Längszonen des Hirnrohres.

Unmittelbar nach erfolgtem Schluss besitzt das Gehirn gleich dem Rückenmark den Charakter eines dickwandig abgeplatteten Rohres mit schmaler Lichtung. Zu der Zeit sind die Breiten- und die Tiefenunterschiede seiner einzelnen Abtheilungen viel weniger ausgesprochen, als dies später der Fall ist. Während z. B. am Ende des zweiten Monats die grösste Breite des Rautenhirns etwa das Vierfache von derjenigen des Halsrückenmarkes beträgt, ist das Verhältniss bei Embryo *Lg* nur das von 3 : 2 [1]).

Die beiden dicken Seitenwandungen des Gehirnrohres sind an der Basis und an der Decke je durch eine dünnere Zellenplatte verbunden, die Boden- und die Deckplatte. Im Uebrigen scheidet sich der ventrale Abschnitt der Seitenwand vom dorsalen durch eine mehr oder minder ausgesprochene Knickung, und ich werde die beiden Abtheilungen als Grundplatte und als Flügelplatte von einander unterscheiden [2]). Demnach zerfällt das Rohr in folgende vier Längszonen:

---

1) Man vergl. die Durchschnittsbilder vom Embryo *Lg* in der Anat. menschl. Embr. Taf. XII, Fig. 24—80. Zur weiteren Beurtheilung mögen beifolgende Messungen dienen, deren Ergebnisse, da sie an eingeschmolzenen Präparaten gewonnen sind, allerdings nur approximativen Werth beanspruchen. Bei den Schnitten von Embryo *Lg* beträgt:

	Die grösste Breite	Verhältniss in % der Rückenmarksbreite	Die grösste Tiefe	Verh. d. Tiefe zur Breite
am Halsrückenmark	0,13 mm	100	0,215 mm	1,65
» Rautenhirn	0,195 »	150	0,23 »	1,18
» Isthmus	0,13 »	100	0,22 »	1,70
» Mittelhirn	0,145 »	112	0,26 »	1,80
» Zwischenhirn	0,16 »	123	0,21 »	1,30
» Hemisphärenhirn	0,16 »	123	0.21 »	1,30

2) Das Bedürfniss durchgehender Bezeichnungen für die Längszonen der Seitenwand des Medullarrohres ist schon wiederholt empfunden worden, das Auffinden geeigneter Bezeichnungen ist aber nicht leicht. Die Adjectiva dorsal und ventral oder medial und lateral lassen uns bei den stattfindenden Verschiebungen der einzelnen Zonenabschnitte im Stich. Wollte man aber von einer motorischen

die **Bodenplatte**,
die **Grundplatte**,
die **Flügelplatte** und
die **Deckplatte**.

Diese vier Längszonen entsprechen den vier Längszonen des Rückenmarksrohres. Die Bodenplatte bildet hier das Epithel von der Vorderwand des Centralkanales und das spongiöse Lager der vorderen Commissur. Die Grundplatte wird zum Bezirke der Vorder- und Seitenhörner und der zugehörigen Längsstränge (zu dem von mir so genannten vorderen Markcylinder). Die Flügelplatte liefert das Gebiet der Hinterhörner und theilweise das Gerüst der Hinterstränge.

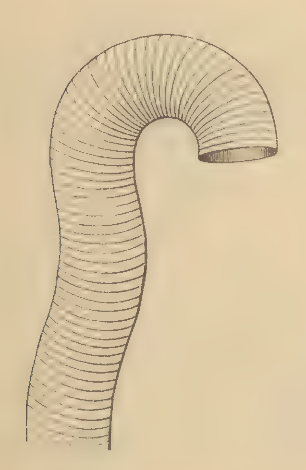


Fig. 12.
Rohr nach Art des embryonalen Gehirns gebogen.

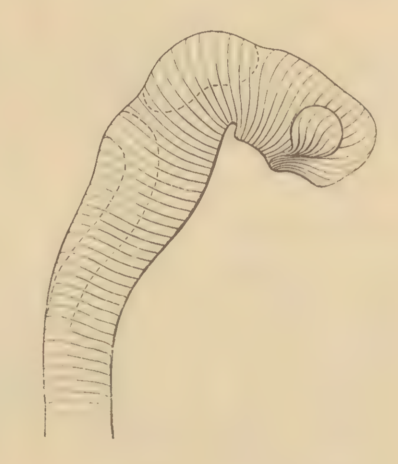


Fig. 13.
Gehirn vom Embryo *Lg* mit eingetragenen Querzonen.

Die Deckplatte des Rückenmarks wird frühzeitig zwischen das dorsale Ende der beiden Seitenwandungen eingeklemmt und wir begegnen ihren Resten im medialen Theil des Hinterstranggerüstes bez. in demjenigen der GOLL'schen Stränge [1]).

---

und sensibeln Hälfte des Rohres sprechen, so wäre dies, wenigstens in Betreff der letzteren, eine Petitio principii. LEURET hat s. Z. die Worte fulcral (für ventral) und spinal (für dorsal) gebraucht (Anatomie du système nerveux Bd. I, S. 158), ich selber die Worte basilar und marginal, beides Ausdrücke, die nicht ganz befriedigend sind. LOEWE spricht in seinem grossen Werke von einem unteren und oberen Seitentypus.

1) l. c. S. 483 und S. 496 u. ff.

Die im Laufe der Entwickelung zunehmenden Axenkrümmungen des Gehirnrohres haben zur Folge, dass bald die dorsalen, bald die ventralen Strecken der Längszonen zusammengedrängt oder auseinandergezogen werden. So lange die Axenbiegungen nicht sehr weitgehend sind, werden die derselben Querscheibe angehörigen Theile unschwer aufzufinden sein. Wenn dagegen stärkere Axenverbiegungen, sowie zugleich locale Ausweitungen des Rohres eingetreten sind, so finden sich Theile der Röhrenwand aus ihrem primitiven Querschnittsgebiet stellenweise in Nachbargebiete hineingedrängt und es bedarf alsdann einer sorgfältigen Analyse der Entstehungsgeschichte, um zu constatiren, welcher Primärscheibe bestimmte Theile angehört haben.

Das vordere Ende der primitiven Gehirnbasis liegt, wie dies schon v. Baer hervorgehoben hat [1]), im Infundibulum. Was darüber hinausreicht, ist nicht mehr Basis im eigentlichen Sinne, sondern es ist die Endstrecke der Seiten- und der Rückwand des Rohres. Dieser prächordale Abschnitt der Gehirnbasis, die Vorbasis, wie man ihn nennen kann, hat, im Gegensatz zur ursprünglichen Basis, eine mediane Schlusslinie und er ist in Folge der Axenkrümmung des Rohres (der Hakenkrümmung) zu seiner Basilarstellung gelangt. Denkt man sich sonach das Gehirnrohr völlig gestreckt, so entspricht der vor dem Trichter befindliche Theil dem Endquerschnitt, dessen Ränder in der Mittelebene zur Vereinigung gebracht sind [2]).

---

1) Entwickelungsgesch. Bd. II, S. 108. Man vergl. auch meinen oben citirten Aufsatz über die Gliederung des Gehirns.

2) Loewe giebt an, das Centralnervensystem sei ursprünglich ein fast gestrecktes Rohr, an dessen oberem Ende die Lamina terminalis und der Ort des Trichters sich befinden. Dies ist eine Uebertreibung des wirklichen Thatbestandes, und Loewe's Figur, welche dies beweisen soll (Taf. IX, 116 a) halte ich für eine unzutreffende. Die Axenkrümmungen der Kopfanlage sind auch beim Säugethierembryo vorhanden, bevor das Gehirn geschlossen ist, und sie sind schon durch das Auftreten der vorderen Keimfalte bestimmt. Die terminale Schlussstrecke des Gehirnrohres ist daher von früher Zeit an, wenigstens theilweise, der Basis zugekehrt, ihre Basalstellung nimmt in der Folge allerdings noch zu. Das, was Loewe in seiner Figur mit *gh* als Hemisphärenanlage bezeichnet, kann nur die linksseitige Augenblase sein. Auffallender Weise sind in den drei auf jüngere Stufen bezüglichen Figuren Loewe's die Augenblasen ignorirt.

Die Gestaltung des Querschnittes in den verschiedenen Abtheilungen des Gehirnrohres.

Um die charakteristischen Eigenthümlichkeiten der verschiedenen Abschnitte des Gehirnrohres zu verstehen, bedarf es vor Allem eines klaren Einblickes in die Gliederung ihres Querschnittes. Wegen der Axenkrümmung des Rohres ist es nicht möglich, an einem und demselben Präparate für die verschiedenen Abtheilungen Schnitte zu bekommen, die senkrecht zur Axe stehen. Neben einzelnen annähernd quer treffenden Schnitten wird man es mit solchen zu thun haben, die mehr oder minder schräg zur Axe oder selbst parallel dazu ver-

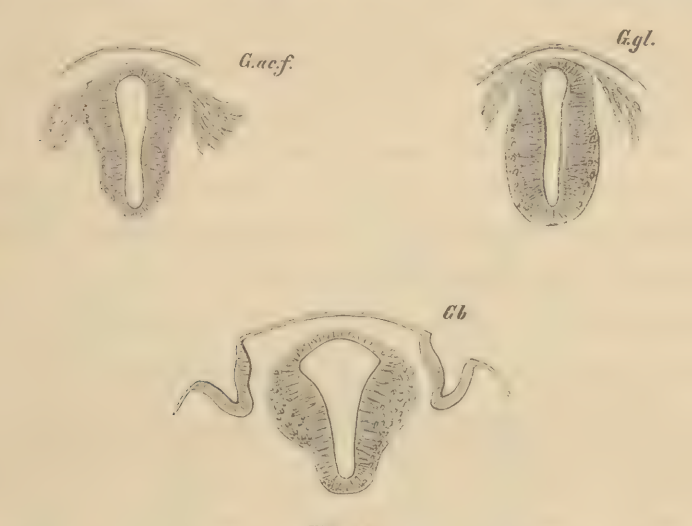


Fig. 14.
Durchschnitte durch die Bezirke II und III vom Embryo *Lg*. Vergr. 70. *G.ac.f.* acustico-faciale. *G.g.* Ganglion glossopharyngeum.

laufen. Das Material für die Querschnittbetrachtung ist demnach aus den verschiedenen Schnittreihen zusammenzutragen, wobei Profilconstructionen erforderlich sind, um die Richtung zu erkennen, in welcher die einzelnen Schnitte die Gehirnaxe treffen. Eventuell kann man übrigens auch auf dem Wege der Construction aus den Schräg- oder Längsschnitten einer Gegend die zugehörigen Querschnitte herstellen.

Rautenhirn. Im Rautenhirn ist die dorsale Hälfte des Rohres von früh ab ausgeweitet. Der Querdurchmesser der erweiterten Strecke nimmt von unten nach oben hin zu und erreicht sein Maxi-

mum etwas oberhalb der Gehörblase. Von da ab nimmt derselbe ziemlich rasch ab und sinkt beim Uebergang in den Isthmus auf ein Minimum. Der Ort der maximalen Weite des Rautenhirns fällt in die Höhe der Brückenkrümmung. Indem letztere im Laufe der Entwickelung sich steigert, wächst auch die Breite des Rohres, ein Verhalten, dessen mechanische Bedeutung ich bei früheren Anlässen discutirt habe [1]. Die Breite der Deckplatte wächst mit derjenigen der Höhlung, die Gesammtform beider bleibt somit eine ähnliche. Vermöge ihrer Durchsichtigkeit zeichnet sich die Deckplatte bei der Aussenbetrachtung deutlich als Rautenfeld ab.

Für die nachfolgende Betrachtung denken wir uns zweckmässiger Weise das Rautenhirn in fünf sich folgende Abschnitte zerlegt:

I. Die unterste Strecke von der Nackenbeuge ab bis zum Beginn der Rautengrube.

II. Die Strecke vom unteren Ende der Rautengrube bis zum Niveau der Gehörblase, sie entspricht dem Calamus scriptorius des ausgebildeten Gehirns und mit I. zusammen umfasst sie das Austrittsgebiet der vier unteren Kopfnerven.

III. Die Strecke, innerhalb deren die Gehörblase dem Gehirnrohr anliegt, mit Einschluss des Acustico-facialis-Gebietes.

IV. Das Gebiet der grössten Breite oder das Gebiet des Trigeminusaustritts.

V. Das Gebiet jenseits der maximalen Ausweitung der Rautengrube oder das Gebiet des Cerebellum.

Schon bei Embryonen der dritten Woche (*Lg*—*BB* Fig. 14 u. 15) ist die dorsale Erweitung der Rautenhirnlichtung vorhanden, während der ventrale Theil der Lichtung den Charakter einer schmalen Spalte trägt. Die Form des Querschnittes ist somit die eines langgezogenen Dreiecks mit zwei einspringenden Seiten. Im Beginn der vierten Woche ist die Breitenzunahme des Rohres erheblich fortgeschritten. Während in den Bezirken II. und III. die Form des Querschnitts noch eine dreieckige bez. eine herzförmige ist, ist sie in den Bezirken I. und IV. eine fünfseitige geworden, indem die Flügelplatte

1) l. c. S. 331 und Briefe über die Körperform S. 96 u. ff.

mit der Grundplatte einen ausgesprochenen Winkel bildet [1]). Der Boden des Rohres läuft nunmehr in eine schmale Spalte aus, welche von der ventralen Hälfte der beiden Grundplatten eingefasst ist. Diese springen mit convexer Biegung gegen die Lichtung vor und sie sind jederseits durch eine Furche von der anstossenden Flügel-



Fig. 15.
Durchschnitte durch die Bezirke III und IV vom Embryo *BB*. Vergr. 70. *G.Tr.* Ganglion Trigemini.

platte abgesetzt. Die Flügelplatten sind steil aufgerichtet und gehen an ihrem dorsalen Rande in die Deckplatte über. Auch sie wölben sich etwas nach der Lichtung vor, so dass nunmehr jede Seitenwand

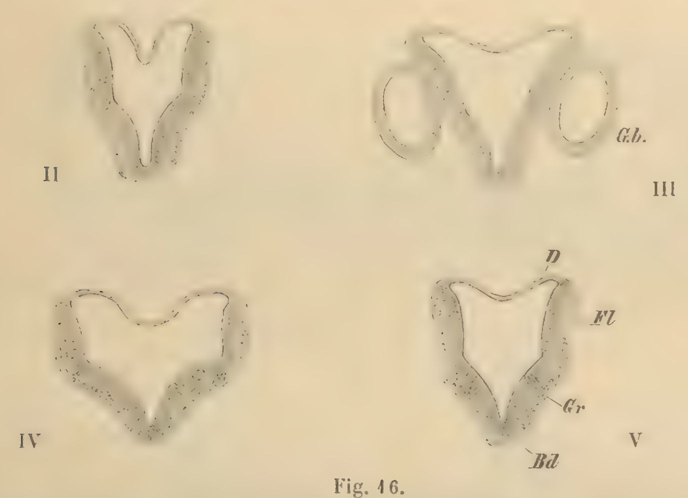


Fig. 16.
Querschnitt durch die Bezirke II, III, IV und V des Rautenhirns bei Embryo *a*. Vergr. 30. *Bd* Bodenplatte, *Gr* Grundplatte, *Fl* Flügelplatte, *D* Deckplatte, *Gb* Gehörblase.

des Rohres von zwei Längsleisten, der Grundleiste und der Flügelleiste, gebildet erscheint.

Weiterhin macht sich die fünfeckige Form des Querschnittes auch bei den Abschnitten II. und III. geltend, so dass sich dieselbe

1) Diese Formbestimmung gilt unter der etwas willkürlichen Voraussetzung, dass die Deckplatte eben ausgebreitet sei. Letztere zeigt sich an den Präparaten bald eingesunken, bald bauchig vorgetrieben.

nunmehr für die sämmtlichen Abschnitte des eigentlichen Rautenhirns als typisch erweist. Dann aber tritt gegen den Beginn der fünften Woche im Bereich des Rautenfeldes eine wichtige Umge-



Fig. 17.
Querschnitt durch die Bezirke II und III des Rautenhirns von Embryo *A* mit beginnender Bildung der Rautenlippe (*Rl.*), *T* Taenia.

staltung der Flügelplatte ein. Ihr dorsaler Rand biegt sich lateralwärts um und bildet eine krempenartige Ausladung, welche das

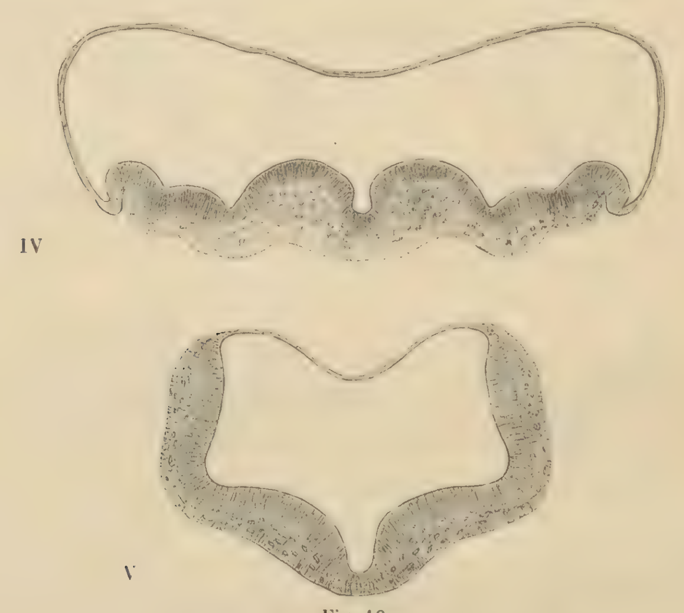


Fig. 18.
Bezirke IV und V des Rautenhirns eines ca. fünfwöchentlichen Embryo (*Ha*).

Rautenfeld in seiner gesammten Ausdehnung einfasst und die sich schon äusserlich als ein heller Saum zu erkennen giebt[1]). Ich werde den umgekrempten Theil als Rautenlippe bezeichnen. Gemäss

1) l. c. Taf. XIII, Fig. 5 u. 6.

ihrer Entstehungsweise ist die Rautenlippe eine vorgeschobene Falte der Gehirnwand und sie besteht somit aus zwei in einander umbiegenden Plattenhälften, einer medialen und einer lateralen. Von innen her schneidet eine tiefe Furche, die innere Lippenfurche, zwischen denselben ein. Aeusserlich erscheint der freie Lippenrand gleichfalls durch eine Furche, die äussere Lippenfurche, von der übrigen Gehirnwand abgesetzt. Das laterale Blatt der Rautenlippe geht unter rascher Zuschärfung in die Deckplatte über, und ich bezeichne den zugeschärften Saum desselben mit dem bereits in der Anatomie gebräuchlichen Namen einer Taenia[1]). Die besondere Rolle, welche die Rautenlippe bei der Bildung des verlängerten Markes und des Kleinhirns zu spielen hat, werde ich bei einem späteren Anlass entwickeln.

Isthmus und Mittelhirn. Der Isthmus besitzt nicht allein einen absolut viel kleineren Querschnitt als die dahinter und die davor





Fig. 19.
Isthmus und Mittelhirn desselben Embryo.

liegenden Strecken, sondern er weicht auch in seiner Form von diesen erheblich ab. Im Allgemeinen ist das Rohr in dessen Bereich seitlich comprimirt, die Boden- und die Deckplatte sind als schmale Leisten nach Aussen hervorgedrängt. Im Mittelhirn dagegen überwiegt wiederum der Querdurchmesser über den sagittalen, und vor Allem erscheint der Boden des Rohres verbreitert. Jene sagittale Längsfurche, welche entlang dem Boden des gesammten Rautenhirns verläuft und die auch im Grosshirn neuerdings auftritt, ist im Mittelhirn zu einer breiten Doppelrinne geworden, deren Grund sich als mediane Leiste gegen die Lichtung hervorwölbt. Auch die Deck-

1) HENLE, Anatomie III, 2, S. 103.

platte erscheint im Mittelhirn weniger scharf von den beiden Flügelplatten abgesetzt, als in den übrigen Gehirnabtheilungen[1]).

Grosshirn. Die Scheidung des Röhrenquerschnittes in Boden-, Grund-, Flügel- und Deckplatte lässt sich auch am Grosshirn durchführen. Die Bodenplatte endigt im Infundibulum, die beiden Grundplatten erreichen die Corpora striata, die Flügelplatten sind bei der Bildung der Hemisphären betheiligt und die Deckplatte, welche längs des Zwischenhirns zu einer selbständigen Leiste sich erhebt, läuft mit ihrem vorderen Ende in der medialen Hemisphärenwand aus. Aus ihr entsteht als besonderes Product die Epiphyse. Die Geschichte aller dieser Bildungen soll auf eine spätere Mittheilung verspart bleiben.

Histologische Gliederung der Gehirnwand.

In der Gehirnwand vollzieht sich die histologische Gliederung wesentlich übereinstimmend wie im Rückenmark. Es kommt sehr frühzeitig zur Bildung eines Myelospongiums, es scheidet sich ferner eine lockere Mantelschicht von einer dichten Innenplatte, und die letztere allein ist die Trägerin karyokinetischer Figuren, während die Zellen der Mantelschicht in Axencylinder auswachsen. Auch eine Bogenschicht bildet sich am Gehirnrohr in weiter Verbreitung, indessen besteht sie nicht ausschliesslich aus solchen Fasern, die von hinten

---

1) Es ist unschwer zu verstehen, wie die Verbreiterung der Mittelhirnlichtung, gleich derjenigen des Rautenhirns als eine Folge der Axenbiegung des Rohres sich ergeben muss. Auffallend bleibt dabei die Verschiedenheit in der Gestaltung der einen und der anderen Lichtung, das Vorhandensein der medianen Längsrinne und die breite Ausbildung der Deckplatte am Rautenhirn, das Fehlen dieser Eigenthümlichkeiten am Mittelhirn. Bei Erklärung dieser Verschiedenheiten wird man zunächst beachten, dass die das Mittelhirn betreffende Scheitelkrümmung der Hirnaxe dorsalwärts convex, die Brückenkrümmung aber ventralwärts convex ist. Damit reicht man indessen nicht aus, denn auch im Bereiche der dorsalwärts convexen Nackenkrümmung besitzt das Rohr eine mediane Bodenrinne und eine relativ breite Deckplatte. Noch einschneidendere Bedeutung hat vielleicht der Umstand, dass die Ausbildung der verschiedenen Krümmungen zeitlich auseinanderfällt, indem beim menschlichen Embryo die Scheitelkrümmung der Brückenkrümmung erheblich voraus ist, d. h. die beiden bilden sich an Röhren verschiedener Weite und Wandbeschaffenheit. Diese Verhältnisse bedürfen einer eingehenderen Prüfung, wobei die vergleichende Betrachtung und das Experiment sich ergänzen müssen. Vielleicht finde ich später einmal Gelegenheit, darauf zurückzukommen.

nach vorn sich erstrecken wie bei Rückenmark, sondern sie nimmt stellenweise dorsalwärts gerichtete Fasern auf.

Beachtenswerth ist der zeitliche Ablauf der Entwickelung: Am weitesten ist das Rautenhirn voraus und zwar dessen untere Hälfte, die in der Hinsicht auch noch das Halsmark zu überholen scheint. Es ist dies deshalb von besonderer Bedeutung, weil die zuerst zur inneren Gliederung gelangende Strecke des Medullarrohres zugleich diejenige ist, die in der Folge die allerverwickeltste Organisation annimmt und die auch physiologisch die allermannigfaltigsten Beziehungen zu unterhalten hat. In der Hemisphärenwand vollziehen sich die Scheidungsvorgänge sehr spät, was übrigens auch damit in Beziehung zu bringen ist, dass die Hemisphären dem dorsalen oder Flügelbezirk des Medullarrohres angehören. Dieser Bezirk bleibt aber in der ganzen Länge des Rohres hinter dem der Grundplatten zurück und erscheint als eine mehr oder minder compacte Masse noch zu einer Zeit, wo die ventralen Abschnitte schon eine sehr ausgebildete Organisation zeigen. Da es nicht im Plane der diesmaligen Arbeit liegt, auf die anderweitigen Nervenbahnen des Gehirns einzugehen, so betrachte ich sofort:

Die Kerne und Wurzeln der motorischen Hirnnerven[1]).

Im Rückenmark entsenden, wie dies bei anderen Anlässen gezeigt wurde, sämmtliche Zellen der Mantelschicht Axencylinderfortsätze und, während die der hinteren Markhälfte die Richtung ventralwärts einschlagen, so wenden sich die aus Zellen der vorderen Hälfte kommenden Fasern im Allgemeinen zur Oberfläche hin. Sie pflegen sich schon innerhalb des Marks zu kleinen Bündeln zusammenzuordnen, diese convergiren nach Aussen hin, überschreiten die Oberfläche und treten nunmehr als motorische Wurzeln in den Körper ein. Der Austritt von sämmtlichen, der vorderen Markhälfte entstammenden motorischen Fasern geschieht ungefähr an der Grenze des vorderen Markviertels. Hier erscheinen die Bündel an der Oberfläche in zwei bis drei nahe beisammen liegenden Reihen und sie bedingen so die Scheidung des Vorder- und des Seitenstranggebietes.

---

1) Besonders günstig für die Beobachtung der motorischen Kerne sowohl als der sensibeln Wurzeln erweisen sich menschliche Embryonen aus der Zeit, da der 4. und 3. Visceralbogen eben überdeckt werden.

Im überwiegenden Theil seiner Länge, d. h. vom Lendenmark herauf bis zum unteren Halsmark, bildet das Ursprungsgebiet der motorischen Rückenmarkswurzeln einen ungetheilten bandartigen Kern mit einer, summarisch betrachtet, einzigen Längsreihe von Austrittsbündeln. Im oberen Theil des Halsmarks tritt eine Abweichung von diesem allgemeinen Typus auf: die Fasern der Vorderhorn- und die der Seitenhornzone convergiren nicht mehr nach gemeinsamen Austrittspforten hin. Die der ersteren verlassen das Mark im vorderen Viertel des Umfangs, die der Seitenhornzone treten auf der Grenze zwischen dem zweiten und dritten Viertel aus. Es scheidet sich das

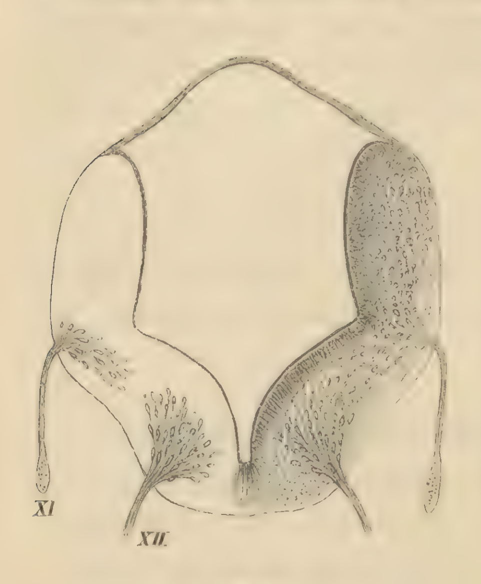


Fig. 20.
Querschnitt durch das Rautenhirn eines 10 mm langen Embryo (*Ko*). Vergr. 40. Links sind der Hypoglossus- und der Accessoriuskern isolirt dargestellt.

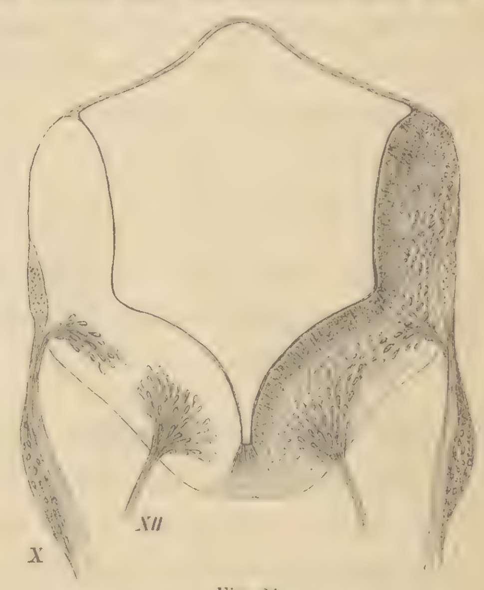


Fig. 21.
Von demselben Embryo: motorischer Vagus- und Hypoglossuskern, und aufsteigende Vaguswurzel.

Gebiet der vorderen Wurzeln im engeren Sinn von demjenigen der Accessoriuswurzeln. Die vorderen Wurzeln des oberen Halsmarks sind somit denen des übrigen Rückenmarks nicht völlig gleichwerthig, es fehlt ihnen hierzu der in den Accessorius übergehende Seitenhornantheil von Fasern.

Hypoglossus-, Accessorius-, Vagus- und Glossopharyngeuskern (Fig. 20 bis 22). Im unteren Abschnitte des Rautenhirns, in den Bezirken I und II obiger Aufzählung treten die aus den Zellen der Grundplatte hervorgehenden Wurzelbündel ebenfalls in zwei, unter sich parallelen Reihen zur Oberfläche. Die Fasern der medialen Hälfte

der Grundplatte, der Vorderhornzone im engeren Sinn, wenden sich ventralwärts und erscheinen an der Oberfläche als Wurzelbündel des N. hypoglossus. Die übrigen motorischen Fasern, aus dem Seitenhorngebiete der Grundplatte entspringend, verlassen das Gehirn an dessen lateraler Oberfläche, und zwar längs der Kante, welche die Grundplatte mit der Flügelplatte bildet und die sich kurzweg als Seitenkante bezeichnen lässt.

Von den Wurzelbündeln des Seitenhornkernes tritt der grössere Theil in den Sammelstamm des N. accessorius. Einige Bündel ge-



Fig. 22.
Von demselben Embryo; motorischer Glossopharyngeuskern, und aufsteigende Wurzel.

sellen sich direct dem Stamm des N. vagus bei und andere, der Zahl und Entwickelung nach wenig bedeutend, erreichen den N. glossopharyngeus.

Der bandartige motorische Kern des Rückenmarks erfährt sonach im Halsmark eine Spaltung in zwei langgezogene Parallelkerne, den des Vorderhorns und den des Seitenhorns. Beim Uebergang zum Gehirn setzt sich ein jeder derselben in einen besonderen Streifen fort, von denen der eine zum Hypoglossuskern wird, während der andere den Kopftheil des Accessoriuskerns nebst dem motorischen Vagus- und Glossopharyngeuskern umfasst. Eine Trennung des moto-

rischen Vaguskerns vom Accessoriuskern existirt nicht, wie denn überhaupt die Trennung des N. accessorius vom motorischen Antheil des Vagus als eine mehr oder minder künstliche sich herausstellt. Dagegen ist der motorische Glossopharyngeuskern, soweit ich verfolgen kann, vom vorderen Ende des Vaguskerns geschieden. Das vordere Ende des Hypoglossuskerns reicht bis in das Glossopharyngeusgebiet herein.

Jenseits vom Hypoglossus- und Glossopharyngeusgebiet treten die Kerne motorischer Nerven nur noch discontinuirlich auf. Ein grosser Theil von den Mantelzellen der Grundplatte ist von der Betheiligung an der Wurzelbildung ausgeschlossen und liefert statt dessen intracerebrale Commissurenfasern. Da die Umgrenzung der Kerne von Anfang ab keineswegs scharf gezeichnet ist, so wird das Vorhandensein der von den Zellen ausgehenden Wurzelfasern stets das wichtigste Erkennungsmittel sein. Indessen kommen den Kernen noch gewisse Eigenthümlichkeiten zu, die selbst bei schwacher Vergrösserung charakteristisch hervortreten. Einmal gehört dahin die bündelweise Zusammenordnung der hervortretenden Axencylinder, welche den Kernen eine gröbere Streifung verleiht, die zu einem Bündel gehörigen Zellen pflegen zu mehr oder minder compacten Büscheln zusammengefasst zu sein. Eine weitere Eigenthümlichkeit der embryonalen motorischen Nervenkerne äussert sich darin, dass einzelne ihrer Zellen bis an den Rand herangerückt sind. Es erscheinen in Folge davon die Kerne gleichsam aus der übrigen Mantelschicht herausgezogen. Am Rückenmark begegnen wir ähnlichen Verhältnissen, insofern auch da manche von den motorischen Zellen unmittelbar an den Rand gerückt erscheinen und stellenweise sogar das Spongiosagerüst überragen.

Der Kern des N. facialis. Der Facialis verlässt das Gehirn als ein ziemlich compacter Stamm in einiger Entfernung von der Gehörblase und etwas ventralwärts von der Eintrittsstelle der Acusticuswurzeln (Fig. 23). Von der Austrittsstelle aus tritt der Nerv zunächst durch die Mantelschicht hindurch bis an die Grenze der Innenplatte und nun folgt er dieser medialwärts, indem er im Bogen der Mittelebene sich nähert. Unweit von der letzteren liegt ein Längsbündel, zwischen dessen Fasern diejenigen des Facialis sich verlieren, bez. in die sie umbiegen. Dies Längsbündel besitzt nicht

mehr die geschlossene Abgrenzung, die dem lateralen Abschnitte des Facialis zukommt, es liegt seitlich und etwas dorsalwärts von den die Mittellinie überschreitenden Commissurenfasern. Der eigentliche Facialiskern liegt innerhalb des Gebietes der Gehörblase und zwar in der Seitenhornzone der Grundplatte. In einer gewissen Ausdehnung treten zahlreiche Faserbüschel aus dem Seitenhorntheil der Grundplatte in die Formatio arcuata ein, und sie verlaufen medialwärts

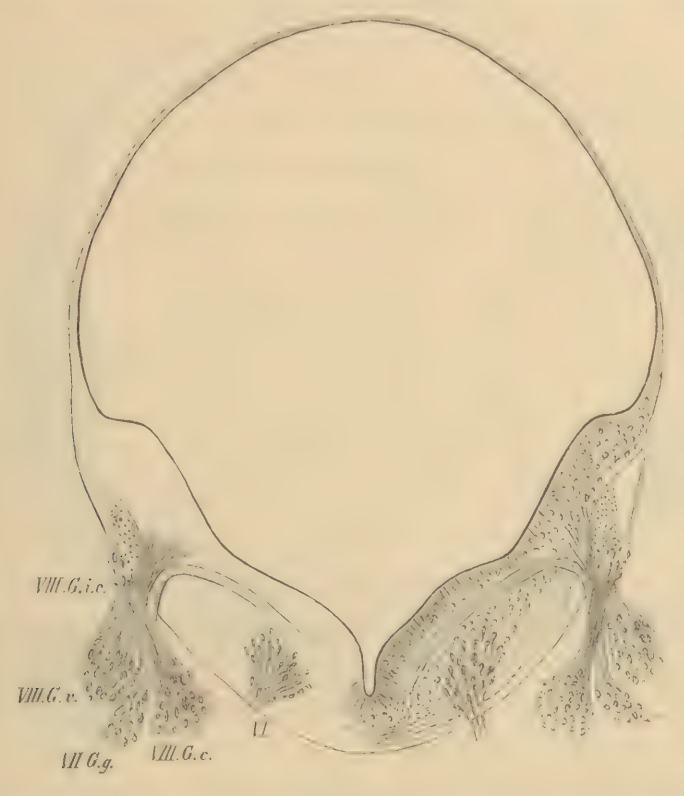


Fig. 23.

Von demselben Embryo Austrittsstelle des N. facialis und Kern des N. abducens. VII *G.g.* Ganglion geniculi, VIII *G.c.* G. cochleae, *G.v.* G. vestibuli, *G.i.c.* intracraniales Ganglion. Bei dieser Figur sind mehrere Schnitte combinirt. Die Austrittsstelle des N. abducens liegt nicht in derselben Ebene wie die des N. facialis, sondern etwas weiter hinten. Ebenso liegt der Stamm des N. facialis vor den Bündeln des Acusticus.

gegen das oben beschriebene Längsbündel hin. Den ununterbrochenen Verlauf dieser Faserbündel bis in den austretenden Facialisstamm vermag ich allerdings nicht zu verfolgen, sondern ich muss mich bei dessen Annahme einerseits an die bekannte Erfahrung der Anatomie über den Facialiskern des ausgebildeten Gehirns halten und sodann an die Thatsache, dass die aus dem Kern kommenden Fasern bei meinen embryonalen Präparaten in eben dem Längsbündel sich ver-

lieren, aus welchem weiter nach vorn die austretende Facialiswurzel hervorkommt.

Durch den Nachweis der frühen Existenz des inneren Facialisknies fällt der an und für sich ziemlich nahe liegende Gedanke dahin, als ob dasselbe durch eine secundäre Verschiebung in Folge der Gehirnkrümmung entstanden sein könnte[1]). Die innere Facialiswurzel beschreibt in der That von Anfang ab den Umweg, der sie vom

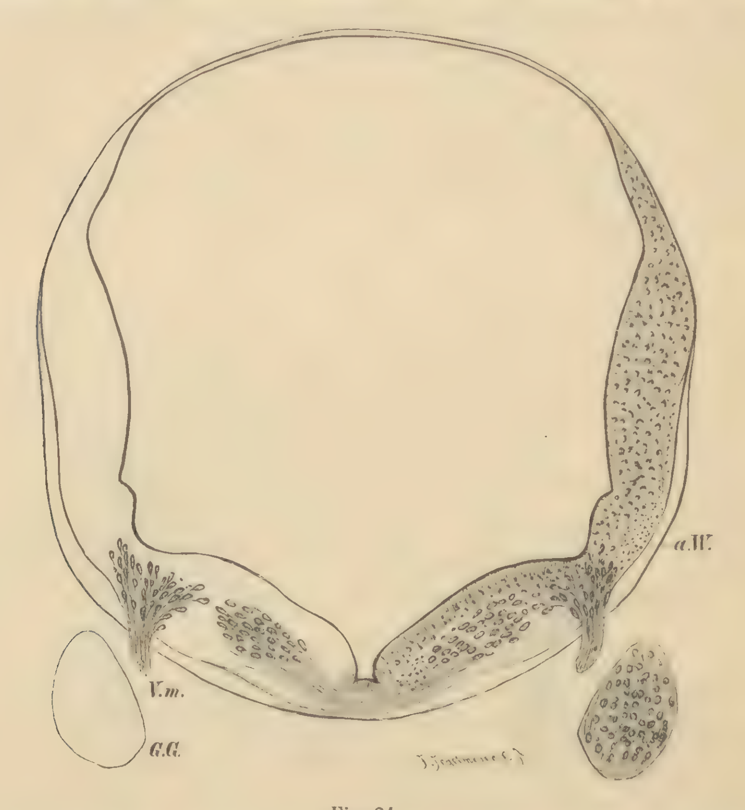


Fig. 24.
Von demselben Embryo. Motor. Kern des Trigeminus. *G.G.* Ganglion Gasseri. *a.W.* aufsteigende Trigeminuswurzel.

Ursprungskern aus erst medialwärts, dann nach vorn und zuletzt wieder lateralwärts zur Austrittstelle hinführt. Hieraus, sowie aus dem Beispiele des N. trochlearis geht hervor, dass für den Austritt der Fasern aus dem Mark der nächste Weg zur Oberfläche durchaus nicht immer der günstigste zu sein braucht. Vielleicht darf man daran denken, der Gehörblase einen bestimmenden Einfluss auf den Verlauf der inneren Facialiswurzeln zuzuschreiben. Die intracerebrale

1) W. Krause, Specielle Anatomie, Hann. 1879, S. 727.

Facialiswurzel umgreift nämlich die Stelle, an welcher die Gehörblase dem Gehirn anliegt und zwar mit einem von der letzteren abgewendeten Bogen. Würden die Fasern des Facialiskerns auf dem nächsten Weg zur Oberfläche gelangen, so müssten sie der medialen Fläche der Gehörblase zugewendet sein, und um frei zu werden, dieselbe in der einen oder anderen Weise umgehen.

Der Kern des N. abducens (Fig. 23) ist ein ausschliesslicher Vorderhornkern. Seine Fasern gehen auf dem nächsten Weg zur Oberfläche und deren Austrittspforte liegt in der verlängerten Richtung des Hypoglossusaustrittes. Dabei wird der Kern schon beim 4- bis 4½wöchentlichen menschlichen Embryo in derselben Weise vom Knie der inneren Facialiswurzel umgriffen, wie dies für das ausgebildete Gehirn bekannt ist.



Fig. 25.
Isthmus nebst Trochleariskern und Trochleariswurzel von demselben Embryo.

Motorischer Trigeminuskern. Die Portio minor trigemini erscheint an der Oberfläche des Gehirns vor der Eintrittsstelle der sensibeln Portion und etwas mehr ventralwärts als diese, bezw. etwas ventralwärts von der Seitenkante des Rautenhirns (Fig. 24). Die Mehrzahl der Fasern kommt aus einem ziemlich frühzeitig sich umgrenzenden Kern, der ausschliesslich der Seitenhornzone angehört. Die medialwärts davon liegende, der Vorderhornzone angehörige Zellenmasse entsendet zwar auch zahlreiche Fasern, allein diese gehen nach der Mitte hin und wenden sich über diese hinaus nach der entgegengesetzten Seite. Von einer absteigenden Trigeminuswurzel habe ich zwar bei den jüngsten daraufhin untersuchten Embryonen (*Br*$_3$ und *Ko*) nichts sicheres wahrzunehmen vermocht, dagegen finde ich bei dem 4½- bis 5wöchentlichen Embryo *Ha* ein im Seitenborntheil der Grundplatte herabsteigendes Längsbündel, das nach seiner Lage und Ausdehnung für die absteigende Trigeminuswurzel zu halten ist. In Taf. I, Fig. 2 findet sich dasselbe dem Gehirnprofil eingezeichnet.

Der Trochleariskern. Der N. trochlearis erscheint in sehr charakteristischer Weise als der Nerv des Isthmus. Seine Wurzel lässt sich vom Orte des Austritts aus durch die dicht hinter dem

Mittelhirn liegende Kreuzungsstelle hindurch als scharf umgrenztes Bündel in die Seitenwand des Rohres herein verfolgen, und ihre Fasern kommen aus einem Kern hervor, welcher der ventralen Hälfte angehört und der somit als Vorderhornkern aufzufassen ist. Auch die Trochleariswurzeln folgen während ihres intracerebralen Verlaufes der äusseren Grenze der Innenplatte, bezw. der allgemeinen Bahn der Formatio arcuata. Die Eigenthümlichkeit ihres Verlaufes lässt sich vielleicht auf die starke Abplattung des Gehirnrohres im Isthmusbereiche zurückführen, welche einer sagittalen Richtung der faserbildenden Zellen und der von ihnen ausgehenden Axencylinder günstig sein muss.

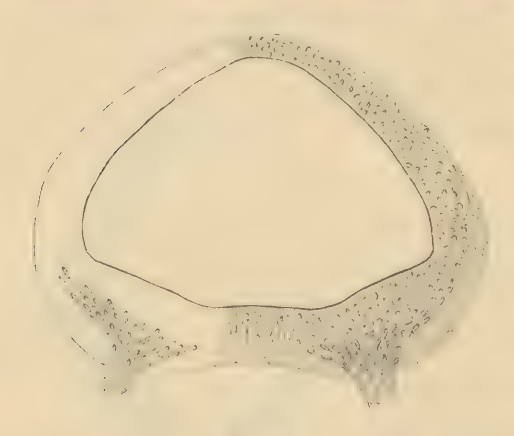


Fig. 26.
Querschnitt des hinteren Mittelhirnabschnittes desselben Embryo. Oculomotoriuskern.

Oculomotoriuskern (Fig. 26). Der vorderste von den motorischen Hirnnerven entwickelt sich aus einem ventralwärts gekehrten Kern des hinteren Mittelhirngebietes. Der Boden des Mittelhirns ist, wie früher gezeigt wurde, beim 4—5wöchentlichen Embryo sehr breit. Auch der Oculomotoriuskern nimmt eine gewisse Breite ein und seine Wurzelbündel treten beinahe direct ventralwärts und folgen hinsichtlich ihrer Austrittsstelle dem Typus der Abducens- und der Hypoglossusbündel.

Behufs übersichtlicher Darstellung sind in den Figuren 1 u. 2 von Tafel I die verschiedenen Nervenkerne der Embryonen *Ko* und *Ha* den bezüglichen Gehirnprofilen eingezeichnet und die Austrittsstellen durch kleine Kreise angegeben. Photographische Aufnahmen der Schnittbilder lieferten die Unterlage der Construction. Jeder Schnitt wurde bei Ausführung der Figuren mit stärkerer Vergrösserung gewissenhaft nachgeprüft. Unter Hinweisung auf diese Figuren, sowie auf die im voranstehenden Text eingedruckten Schnittbilder, fasse ich die Ergebnisse nochmals zusammen.

1) Sämmtliche Fasern motorischer Gehirnnerven entspringen als Axencylinderfortsätze aus Mantelschichtzellen der Grundplatte des Gehirns. Letztere ist aber die directe

Fortsetzung von der ventralen Hälfte des Rückenmarksrohres. Es besteht insoweit eine vollständige Uebereinstimmung in der Ursprungsweise der motorischen Nerven des Gehirns mit denjenigen des Rückenmarks.

2) In der Grundplatte des Gehirns lassen sich eine medioventral und eine laterodorsal gerichtete Hälfte unterscheiden, die wir im Anschluss an die Verhältnisse des Rückenmarks kurzweg als Vorderhornzone und als Seitenhornzone auseinanderzuhalten haben. Die Trennung dieser beiden Zonen ist im allgemeinen keine scharf gezeichnete; am bestimmtesten macht sie sich da geltend, wo die Fasern der beiden Zonen nach verschiedenen Austrittsstellen hingehen.

3) Obwohl die Abgabe von Axencylindern auch für die Mantelschicht des Rauten- und Mittelhirns ein durchgreifender Charakter zu sein scheint, so ist nur ein Theil von den Zellen der Grundplatte bei der Bildung motorischer Wurzelfasern betheiligt. An die Stelle der bandartig fortlaufenden Nervenkerne des Rückenmarks und des Nachhirns treten als vereinzelte Kerne diejenigen für die Nn. facialis, abducens, trigeminus, trochlearis und oculomotorius. Letzterer erscheint als das Endglied der gesammten Kette motorischer Kerne.

Es ist zu beachten, wie die Stelle, von wo ab die bandartige Continuität der Nervenkerne aufhört, annähernd mit dem hinteren Rande des Brückengebietes zusammenfällt. Von da ab wird der grössere Theil der Axencylinderfortsätze der Grundplatte zur Bildung intracerebraler Bahnen verwendet. Es bleibt durch spätere Untersuchungen genauer festzustellen, welche Bedeutung gerade diesen durch ihre Abstammung den motorischen Wurzeln homologen Faserbahnen zukommt; ein Theil derselben geht jedenfalls in die Quercommissuren über, andere scheinen in die Längsbahnen des Gehirns einzutreten.

4) In Betreff ihrer Austrittsweite zeigen die Nerven des Gehirns eine grössere Freiheit als diejenigen des Rückenmarks. Dem Typus der Rückenmarksnerven folgen nur die Nn. hypoglossus, abducens und oculomotorius und selbst für diese ist die Parallele nur eine theilweise, insofern diese Nerven nur der Vorderhornzone angehören, während, abgesehen vom obersten Halsmark, die motorischen Rückenmarkswurzeln die Fasern der Vorder- und der Seitenhornzone umfassen.

Eine sehr bevorzugte Austrittsstelle für motorische Hirnnerven ist die Seitenkante des Rohres. Längs derselben gelangen zur Oberfläche: der N. accessorius, die motorischen Bündel des Vagus, des Glossopharyngeus und die des Facialis. Auch die motorischen Fasern des N. trigeminus erreichen die Oberfläche unweit von der Seitenkante, wenn auch etwas ventralwärts davon. Für die Mehrzahl der genannten Nerven gilt die Regel, dass die Ursprungszellen der Fasern nahe bei der Austrittsstelle liegen. Ausnahmen von dieser Regel machen der N. facialis, der N. trochlearis und die absteigende Wurzel des N. trigeminus.

Verhalten der Gangliennerven des Kopfes.

In einem früheren Aufsatz ist der Beweis geliefert worden, dass die sensibeln Nerven des Rumpfes von den Ganglien aus in's Rückenmark hineinwachsen. Jede Ganglienzelle entsendet zwei Ausläufer, von denen einer peripheriewärts, der andere centralwärts geht. Die centralverlaufenden Ausläufer sammeln sich zunächst zu einem der Aussenfläche des Marks anliegenden Längsbündel, dem ovalen Bündel oder primären Hinterstrang. Von diesem aus treten Faserbüschel medianwärts zwischen die Zellen der Flügelplatte.

Alle Zellen der Spinalganglien[1]) senden Fasern nach dem Rückenmark, dagegen lässt sich beim gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse nicht mit Sicherheit behaupten, dass alle Fasern der hinteren Wurzeln mit Ganglienzellen zusammenhängen. Seit der Zeit, da M. HALL excitomotorische Fasern als eine besondere Kategorie hinterer Wurzelfasern aufgestellt hat, sind Seitens von Anatomen und von Physiologen immer wieder Versuche gemacht worden, die hinteren Wurzeln in Bestandtheile von verschiedener anatomischer und functioneller Bedeutung zu zerlegen[2]). Meine entwickelungsgeschichtlichen

1) Hierbei sehe ich von dem verkümmernden obersten Halsganglion ab, das FRORIEP entdeckt und dem N. hypoglossus zugetheilt hat.

2) Hier ist zunächst an die merkwürdigen Erfahrungen SCHIFF's über die von ihm sog. Analgesie zu erinnern (Lehrbuch der Physiologie, S. 252), sowie an eine Beobachtung ONODY's, welcher beim Hühnchen abnorm auftretende hintere Wurzelfasern unter Umgehung des Ganglions direct in den Ramus posterior eintreten sah. Besonders bedeutsam erscheinen unter den Neueren die Beobachtungen von BECHTEREW einerseits und die von JOSEPH andererseits.

Ergebnisse berechtigen mich bis jetzt nicht, in dieser Frage Stellung zu nehmen; indess darf ich hier nicht stillschweigend daran

---

Gestützt auf die verschiedenen Zeiten der Markscheidenbildung unterscheidet Bechterew (Archiv f. Anat. Phys. anat. Abth. 1887, p. 126) zwei streng differenzirte Bündel hinterer Wurzeln. Das eine, früher sich entwickelnd und aus gröberen Fasern bestehend, geht medialwärts in den Wurzeltheil der Burdach'schen Stränge und zum Theil auch direct nach der gelatinösen Substanz, innerhalb deren seine Fasern steil in die Höhe steigen. Die Fasern der zweiten Art bekommen ihre Markscheiden später als die ersteren und sie sind feiner als diese. Zum kleineren Theil gehen sie in die Subst. gelatinosa, zum grösseren wenden sie sich lateralwärts in den hintersten Theil der Seitenstränge. Einige können noch den lateralen Theil der Burdach'schen Stränge erreichen. Die Fasern der medialen Gruppe wenden sich früher oder später nach der grauen Substanz des Hinterhorns, theils zwischen die Zellen der Clarke'schen Säulen, theils an diesen letzteren vorbei nach vorn, wo sie sich entweder im Zwischengebiet von Vorder- und Hinterhorn verlieren, oder in das Vorderhorn oder endlich in die vordere Commissur vordringen. Die Fasern der später entwickelten feinen Gruppe treten, nachdem sie eine Zeit lang vertical verlaufen waren, gleichfalls in die graue Substanz und verlieren sich der Hauptsache nach zwischen den Zellen der Hinterhörner; ein Theil derselben scheint bis zu den Zellen des Seitenhorns vorzudringen. Mittelbar, d. h. unter Einschiebung der Clarke'schen Säulen, hängen die Fasern der ersten Gruppe mit den Kleinhirnseitensträngen zusammen, während ein anderer Theil an die dorsale Basis der Burdach'schen und der Goll'schen Stränge gelangt und wieder andere die Richtung zur vorderen Commissur einschlagen. Die feinen Fasern der zweiten Gruppe finden ihre mittelbare Fortsetzung theils in der Commissura posterior und den Seitensträngen der gegenüberliegenden Seite, theils aber in den Bahnen der Goll'schen Stränge derselben Seite. Ausdrücklich bemerkt Bechterew, dass die beiderlei Bündel hinterer Wurzeln verschiedene functionelle Bedeutung besitzen und er vermuthet, dass die Hautempfindlichkeit durch die Fasern der zweiten (feinen) Gruppe vermittelt wird.

Von einer ganz anderen Seite aus ist Joseph (dass. Archiv. physiol. Theil 1887, p. 296) dazu gelangt, die hinteren Wurzelfasern in zwei Gruppen zu scheiden. Indem er nämlich die bekannten Waller'schen Versuche der Wurzeldurchschneidung wiederholte, kam er zum Ergebniss, dass nach Trennung der hinteren Wurzeln zwischen Ganglion und Mark zwar der überwiegende Theil der Fasern centralwärts entartet und peripheriewärts intact bleibt, daneben aber für einen zweiten etwas geringeren Faserantheil das Umgekehrte gilt. Hält man an dem, wie ich glaube, durchaus berechtigten Satze fest, dass nur jene Fasern entarten, deren Axencylinder von ihren Ursprungszellen getrennt sind, so muss man aus diesem Ergebniss schliessen, dass die hinteren Wurzeln neben ihren ganglionären Fasern einen bestimmten Procentsatz von medullaren enthalten.

Endlich ist eine fernere, zur Zeit noch räthselhafte Complication zu erwähnen, welche sich aus den Beobachtungen von Feodor Krause ergiebt (ibid p. 370):

vorbeigehen und ich gebe demnach ausdrücklich die Erklärung ab, dass meine positiven Angaben ausschliesslich auf das Verhalten ganglionärer Nerven sich beziehen.

Am Kopf scheiden sich primär vier Ganglicncomplexe ab, von denen der erste die Trigeminusganglien, der zweite die Ganglien vom Acustico-facialis umfasst, während die Ganglien des Glossopharyngeus und diejenigen des Vagus die dritte und vierte Anlage bilden. Jeder von diesen primären Complexen erfährt secundär eine weitere Gliederung und Zerspaltung: so trennen sich vom ersten Complex anfangs das Ciliarganglion und später die übrigen kleineren Trigeminusganglien ab. Der zweite Complex zerfällt in das Ganglion geniculi und in die verschiedenen Acusticusganglien (das intracraniale Ganglion, sowie G. cochleae und G. vestibuli) und endlich trennen sich am Glossopharyngeus und Vagus die höher und die tiefer liegenden Massen, G. Ehrenritteri, G. petrosum sowie G. jugulare und G. nodosum von einander. Im allgemeinen sind es die auftretenden Faserbündel, welche die Gruppen von Nervenzellen auseinanderdrängen, daneben mögen allerdings noch fernere Motive hinzukommen, die Beeinflussung durch Nachbartheile, sowie die, wie es scheint, nicht unbeträchtlichen Verschiebungen, welche die Zellengruppen durch die Entwickelung ihrer eigenen Fortsätze erfahren.

Der histologische Charakter der verschiedenen Kopfganglien stimmt zu Beginn des zweiten Monats mit dem der Spinalganglien überein. Aus den Acusticusganglien bez. aus dem Spiralganglion kennt man schon seit den Arbeiten von Corti bipolare Ganglienzellen[2]. Dieselbe Form kehrt aber in sämmtlichen Kopfganglien des Embryo wieder, im G. Gasseri, im G. geniculi, in den Glossopharyngeus- und in den Vagusganglien. Die beiden Fortsätze werden selbstver-

---

bei peripherischer Durchschneidung von Nervenstämmen soll ein bestimmter Antheil von Fasern centralwärts degeneriren. Krause glaubt, es handle sich um Fasern, die in den Tastkörperchen entspringen. Diese Annahme ist aber unhaltbar, da schon Meissner (Beiträge zur Anat. und Phys. der Haut 1853) gezeigt hat, dass an den Nerven der letzteren die Degeneration peripheriewärts fortschreitet. Sollte man nicht eher an recurrirende Fasern denken können?

1) Archiv f. Anat. u. Phys. anat. Abth. 1880, S. 456. Ueber die Anfänge des peripheren Nervensystems, man vergl. insbesondere Taf. XVIII.

2) Corti, Recherches sur l'organe de l'ouie, Zeitsch. für wissenschaftl. Zool. Bd. III, S. 24 und Kölliker, mikrosk. Anatomie II, 2, S. 747.

ständlich nur da gleichzeitig sichtbar sein, wo der Schnitt mit der Faseraxe parallel läuft. Auch in Hinsicht der Gruppirung der Zellen und ihrer Anordnung in einzelne Ketten schliessen sich die grösseren Kopfganglien denen des Rumpfes an. Eine Verwechselung von bipolaren Bindegewebszellen mit Ganglienzellen wird wohl nur einem ungeübten Auge vorkommen. Von jenen unterscheiden sich diese durch ihren relativ breiten Protoplasmahof und durch den sehr allmählich vermittelten Uebergang des letzteren in den Axencylinderfortsatz. Auch sind ihre Fortsätze viel breiter als diejenigen der Bindegewebszellen.

Die Gestalt der einzelnen Kopfganglien ist charakteristisch genug, um ein jedes am Durchschnittsbild erkennen zu können. Das G. Gasseri zeigt sich als ein Oval, das an der Stelle grösster Entwickelung breiter als hoch ist. Das Acusticofacialis-Ganglion ist eigenthümlich zerklüftet und seine Faserbündel divergiren fächerförmig. Das G. petrosum zeigt wiederum eine geschlossene, fast kreisrunde Umgrenzung und die beiden Vagusganglien bilden langgezogene Spindeln, in denen die Zellen streifenweise den Faserbündeln angelagert sind.

Trigeminus. Nach meinen älteren am Hühnchen gemachten Erfahrungen[1]) erscheint das Trigeminusganglion gleich nach erfolgter Abschnürung als ein langgestreckter Zellenstreifen, der neben den drei vorderen Gehirnabschnitten herläuft, indem sein vorderes Ende der Augenblase und dem Vorderhirn, sein hinteres dem hinteren Rande des Hinterhirns anliegt. Wenn die Scheitelkrümmung des Gehirns zur Ausbildung gelangt ist, so spannt sich der Ganglienstreifen als Bogensehne von der Gegend der Brückenkrümmung direct nach dem Raume über den Augenblasen herüber, und das Mittelhirn ist nunmehr über denselben weit emporgestiegen. Das vordere und das hintere Ende des Streifens erscheinen verdickt, jenes stellt die Anlage des Ganglion ciliare dar.

Diese eben geschilderte Stufe kennen wir auch vom menschlichen Embryo und ich verweise in der Hinsicht auf die Tafeln zur Anatomie menschlicher Embryonen[2]), sowie auf die Figuren gegen-

1) Monogr. d. Hühnchenentwickelung, p. 106 und im oben citirten Aufsatz, p. 468 und Taf. XVIII, Fig. 2 und 3.

2) Anat. menschl. Embr. Taf. VII, A. I und B. I und Taf. VIII, Fig. α_2 und

wärtiger Abhandlung. Das genauere Studium der Schnitte, welche der Construction letzterer Figuren zu Grunde liegen, ergiebt, dass zu Ende des ersten Monats das Ganglion ciliare sich bereits emancipirt hat und dass dasselbe mit dem Hauptganglion durch einen zellenfreien Faserstrang verbunden ist. Das Hauptganglion hat eine dreieckige Grundform, seine Spitze ist dorsalwärts gerichtet und entsendet die zum Gehirn tretenden Wurzelfasern. Die peripheriewärts abgehenden Stämme sind eine Strecke weit von Ganglienzellen begleitet. Diese das Hauptganglion überschreitenden Zellen sind als die Anlagen der kleinen Trigeminusganglien, des G. rhinicum und des G. oticum anzusehen. Ueber die Anlage des Submaxillarganglions besitze ich keine brauchbaren Beobachtungen; ich vermuthe indessen, dass dasselbe gleichfalls aus Zellen hervorgeht, die sich vom Hauptcomplex abgelöst haben.

Die Hauptmasse der Wurzelfasern geht in ein dem Gehirn äusserlich anliegendes plattes Bündel von Längsfasern über, den Tractus trigeminus oder die aufsteigende Trigeminuswurzel der Autoren. Es schmiegt sich das Bündel der Seitenkante des Gehirns an (Fig. 27), seine Verbindung mit diesem ist indessen eine Anfangs nur lose. Die aufsteigende Trigeminuswurzel erstreckt sich nun bekanntlich am ausgebildeten Gehirn durch die Brücke und durch die Corpora restiformia hindurch bis in das Halsmark. Auch bei Embryonen vom Ende des zweiten Monats kann man sie auf eine grössere Strecke hin verfolgen, dagegen ist sie in früheren Zeiten nur sehr kurz. Bei Embryo Br_3 kann ich das Bündel nur um weniges über die Eintrittsstelle hinaus verfolgen (Taf. II, Fig. 4) und auch bei Embryo *Ko* verliert dasselbe noch diesseits des Acusticus seine charakteristische Abgrenzung (Taf. I, Fig. 1).

Der acustico faciale oder zweite Gangliencomplex liegt von Anfang ab unmittelbar vor der Gehörblase. Auch dieser Complex hat, als Ganzes betrachtet, eine dreieckige Grundform, indem er dorsalwärts schmaler, ventralwärts dagegen breiter ist. Schon die oberflächlichste Schnittbetrachtung zeigt eine sehr charakteristische, bei keinem anderen Ganglion wiederkehrende fächerförmige Grup-

---

α_4. Bei der Figur α_4 sind die Ganglien nach dem unzerlegten Präparate im durchfallenden Lichte eingezeichnet worden.

pirung der Elemente, die damit zusammenhängt, dass die beiden Zweige des N. acusticus, der N. vestibuli und der N. cochleae verschränkt laufen (Fig. 23). Von dem medialwärts liegenden Ganglion cochleae aus gehen die zum Gehirn tretenden Fasern lateral- und dorsalwärts. Von dem lateral gelegenen G. vestibuli dagegen wenden sie sich mit medialer Neigung in's Gehirn. Der N. facialis, der schon innerhalb des Gehirns als auffallend compacter Strang erscheint,

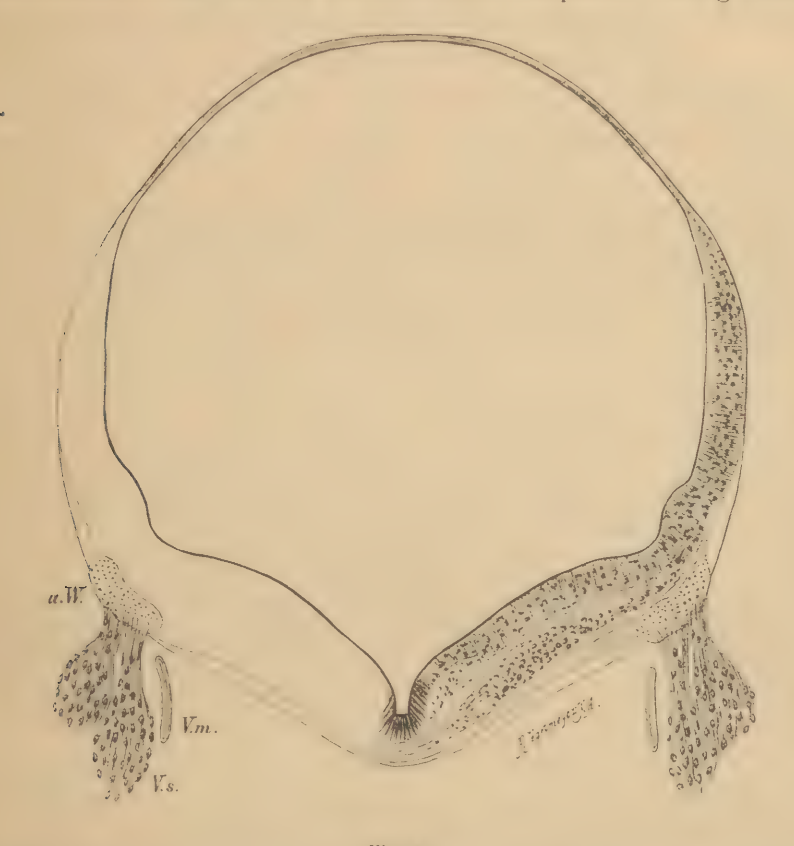


Fig. 27.
Querschnitt durch das Gehirn vom Embryo *Ko* an der Stelle, wo die dem Ganglion Gasseri entstammenden Fasern dem Gehirn sich anlegen und in die aufsteigende Wurzel *a.W.* übergehen. *V.s.* sensible Portion des N. trigeminus. *V.m.* motorische Wurzel.

schiebt sich als eben solcher zwischen den beiden Ganglien hindurch, sie auseinanderdrängend, und er nimmt nun den am meisten ventralwärts liegenden Theil des Complexes als Ganglion geniculi mit sich. Dieses rückt in der Folge immer mehr aus der Verbindung mit den Acusticusganglien heraus[1]).

---

1) Eine hierauf bezügliche Figur habe ich in der Anat. menschl. Embryonen I, S. 44 mitgetheilt. Irrthümlich ist dort der N. facialis mit seinem peripheren

Die genannten drei Ganglien werden in der Folge alle von der Knorpelmasse des Felsenbeins umschlossen. Jenseits von dem letzteren bleibt aber eine Anhäufung von Zellen übrig, welche die bekannte, den Wurzeln gleich neben dem Gehirn anliegende Anschwellung bilden, die einige Anatomen als lateralen, andere als vorderen oder als accessorischen Kern bezeichnet haben. Bei der Verwirrung, die in der Bezeichnung der verschiedenen Acusticuskerne existirt, ist es wohl am wenigsten missdeutbar, wenn die fragliche Bildung als intracranielles Ganglion bezeichnet wird. Die in das Gehirn eintretenden Wurzelfasern beider Acusticuszweige breiten sich im allgemeinen fächerförmig aus. Auf eine genauere Analyse ihres Verlaufes muss ich für diesmal verzichten.

Für den Erwachsenen ist von Sapolini nachgewiesen worden, dass vom G. geniculi aus eine besondere Verbindung nach dem Gehirn hingeht. Der Verbindungsnerv ist der N. intermedius Wrisbergi, und der genannte Beobachter hat eine aufsteigende Wurzel dieses Nerven auf weite Entfernung hin durch das verlängerte Mark zu verfolgen vermocht[1]).

N. glossopharyngeus. Am Nervus glossopharyngeus zerlegt sich die Ganglienmasse in einen kleineren oberen und einen grösseren unteren Complex, das Ehrenritter'sche Ganglion und das Ganglion petrosum; ersteres liegt anfangs dicht hinter der Gehörblase und nachdem diese sich ausgedehnt hat, wird es vom Anfangstheil des Schneckenganges überlagert. Das Ganglion petrosum ist dem Bereich der Gehörblase entrückt und sein unterer Theil liegt im Niveau des Rachenraumes. Das obere Ganglion ist von spindelförmiger, das untere von regelmässig ovaler Gestalt.

Das Faserbündel, das von den Glossopharyngeusganglien aus

Stumpf zu weit lateralwärts geführt, bez. auf eine Strecke weit mit dem N. vestibuli vermengt. Demgemäss sind die dortigen Bezeichnungen zu verbessern. Der Facialis geht medialwärts vom Ganglion vestibuli durch und die Reihenfolge von der Medialseite her ist G. cochleae, G. geniculi und G. vestibuli.

Auf den verschränkten Verlauf der beiden Acusticuszweige macht auch Gradenigo aufmerksam in seinem Aufsatz über die Entwickelung des Gehörorgans. (Wiener medic. Jahrbücher 1887, S. 77.)

1) Sapolini, Etudes anatomiques sur le nerf de Wrisberg etc. Bruxelles 1884.

an das Gehirn herantritt, erreicht dessen Seitenkante und biegt hier in ein dorsalwärts von der Kante befindliches Längsbündel um, die aufsteigende Glossopharyngeuswurzel oder den Tractus glossopharyngeus. Anfangs (bei Embryo Br_3) ist dies Bündel sehr kurz und es erreicht das entsprechende Bündel des Vagus noch nicht. In der Folge wird es aber beträchtlich länger und beide vereinigt treten als höchst charakteristischer Strang als Tractus solitarius (oder als aufsteigende Wurzel des gemischten Systems) bis in den oberen Theil des Rückenmarks herein.

N. vagus. Bei diesem Nerven dehnt sich die Ganglienmasse zu einem besonders langen Streifen aus und sie zerfällt in die beiden bekannten Abtheilungen des G. jugulare und G. nodosum, die übrigens gleich den beiden Glossopharyngeusganglien nicht absolut scharf geschieden sind, da kleinere Zellengruppen auch dem intermediären Stück anliegen. Jedes der beiden Vagusganglien hat seine Eigenthümlichkeiten. Das obere bildet eine fein ausgezogene Spindel, an deren medialer Seite ein Strang von zellenfreien Wurzelfasern zum Gehirn emporsteigt. In diesen letzten Strang treten die motorischen Wurzelfasern des Nerven ein. Auch das untere Ganglion ist von spindelförmiger Gestalt, es reicht tiefer herab denn irgend ein anderes Kopfganglion, da es mit seinem unteren Ende lateralwärts vom Kehlkopf gelagert erscheint.

Das Bündel von Fasern, das von den Vagusganglien ausgeht, erreicht auch seinerseits das Gehirn im Bereich der Seitenkante des letzteren und geht in einen flachen, der Flügelplatte anliegenden Längsstrang, die aufsteigende Vaguswurzel oder den Tractus n. vagi über. Gleich den übrigen sensibeln Wurzelsträngen des Gehirns ist dieser zur Zeit seines ersten Auftretens sehr kurz und er verlängert sich successiv, indem er weiterhin mit dem Tractus glossopharyngeus zum Tractus solitarius gemeinsam zusammentritt. Beide Bündel liegen anfangs durchaus oberflächlich und sie erscheinen sogar recht lose mit dem Gehirn verbunden. Von der sich umbiegenden Randlippe der Flügelplatte wird der Tractus solitarius späterhin umgriffen und in die Tiefe gedrängt. Es handelt sich dabei um einen Process allgemeinerer Art, der auf das Rautenhirn in dessen ganzer Länge umgestaltend wirkt und in dessen genauere Beschreibung ich für diesmal noch nicht eintreten werde.

Fassen wir in Betreff der sensibeln Nerven die Ergebnisse zusammen, so ergiebt sich Folgendes:

1) Von den Ganglien der Kopfnerven aus wachsen die centralen Ausläufer der Nervenzellen, zu Bündeln geordnet, auf das Gehirn zu und sie erreichen zunächst dessen Aussenfläche.

2) Die Wurzeln von Trigeminus, Intermedius, Glossopharyngeus und Vagus gehen, wenn auch nicht alle, so doch jedenfalls zu einem grossen Theil in Längsbündel über, welche anfangs nur sehr kurz sind, dann aber mehr und mehr in die Länge wachsen und die Richtung nach dem Halsmark einschlagen. Es sind dies die sog. aufsteigenden Wurzeln der Hirnanatomen. Für den N. acusticus liegen die Verhältnisse etwas abweichend, insofern seine Wurzelfasern jedenfalls nur zu einem geringen Theil in eine aufsteigende Wurzel übergehen, zum grösseren Theil sich in der Nähe der Eintrittsstelle ausbreiten.

3) Nach ihrer Lage an der Aussenfläche der Flügelplatte und nach ihrer Faseranordnung erweisen sich die aufsteigenden Wurzeln der Ganglienncrven des Kopfes dem primitiven Hinterstrang oder ovalen Bündel des Rückenmarks durchaus homolog. Man darf die aufsteigende Trigeminuswurzel oder den Tractus solitarius geradezu als Hinterstrangbildung des Gehirns bezeichnen. Während aber bei der dichten Lagerung der Rumpfganglien die Wurzelbündel von Anfang ab zu dem zusammenhängenden System des Hinterstranges zusammentreten, kommt es im Gehirn nicht zu einer durchgreifenden Verbindung der Hinterstrangbildungen. Glossopharyngeus- und Vagusantheil treten zusammen; ehe dagegen der Trigeminusantheil soweit entlang gewachsen ist, um jene zu erreichen, sind secundäre Verschiebungen der Theile eingetreten, in deren Folge die aufsteigende Trigeminuswurzel vom Tractus solitarius getrennt bleibt.

4) Bei den motorischen Nerven bezeichnen wir die Stellen als deren Kerne, welche die Ursprungszellen der Fasern umfassen. Es ist klar, dass es im Gehirn sensible Kerne dieser Art nicht geben kann. Die sensibeln Kerne, d. h. die Ursprungsstätten der Fasern, finden wir in den Ganglien, somit in extracerebralen Bildungen. Es ist durch weitere Untersuchungen festzustellen, welches die Bedeutung derjenigen Bildungen ist, die man bis dahin als die Kerne sensibler Nerven, des Vagus, des Glossopharyngeus

und des Trigeminus aufgefasst hat. Vielleicht handelt es sich um solche Zellengruppen, zwischen welchen ein Theil der sensibeln Fasern ausläuft, falls nicht etwa in dem oben angedeuteten Sinn medullar entspringende Wurzelfasern besonderer Art von ihnen ausgehen.

Halten wir die eben aufgezählten Verhältnisse zusammen mit denen der motorischen Wurzeln, so ergiebt sich, dass die sensibeln und motorischen Wurzeln der Gehirnnerven hinsichlich ihres Ursprungs, sowie hinsichtlich ihrer nächsten Verlaufsweise denen des Rückenmarks sich durchaus an die Seite stellen. Alle motorischen Nerven entspringen von Zellen der Grundplatte des Rohres, alle Zellen der Spinalganglien und der entsprechenden Ganglien des Kopfes entsenden Fasern zum Medullarrohr, welche zunächst der Aussenfläche der Flügelplatte sich anlegen, um dann weiterhin successive in's Innere ihrer Substanz einzudringen. Den sensibeln Fasern ähnlich verhalten sich die Geschmacksnerven und der Gehörnerv. Die vorwiegende Verlaufsrichtung der sensibeln Wurzelfasern geht im Rückenmark von unten nach oben, im Gehirn ist sie eine umgekehrte.

Das Auswachsen der peripherischen Nerven.

Die nachfolgende Betrachtung schliesst sich einem Capitel der Anatomie menschlicher Embryonen als weitere Ausführung an, und sie basirt auf den Constructionen, die ich für das peripherische Nervensystem einer Anzahl von Embryonen vom Ende des ersten und Beginn des zweiten Monats ausgeführt habe. Hiervon theile ich in der Tafel II zwei mit, welche auch über den Rumpf sich ausdehnen und die mit Hülfe von photographischen Aufnahmen der Schnitte durchgearbeitet worden sind. Indem dabei ein jeder Schnitt zu seinem Recht kam und mit dem Mikroskop sorgfältig nachgeprüft wurde, bin ich im Stande gewesen, auch in das Einzelne der Verzweigungen und Geflechtbildung einzutreten. Die Hauptklippe, die man zu vermeiden hat, ist die Schematisirung. Wo von einigen aufeinander folgenden und im Uebrigen unter sich durchaus ähnlichen Schnitten der eine einen längeren, der andere einen kürzeren, ein dritter vielleicht an entsprechender Stelle gar keinen Nervenstamm zeigt, da ist man anfangs nur allzuleicht geneigt,

an der Sicherheit der Beobachtung zu zweifeln und eine Gleichartigkeit der Schnitte vorauszusetzen, die der Natur der Sache nach gar nicht vorhanden sein kann. Erst ein sehr genaues Individualisiren der Schnitte führt zur Erkenntniss der realen Verhältnisse, und diese ordnen sich schliesslich in einer sehr viel befriedigenderen Weise, als dies durch supponirte Schemata möglich gewesen wäre.

In Betreff der beiden Figuren bemerke ich, dass ich im Allgemeinen die Nerven soweit gezeichnet habe, als sie überhaupt erkennbar gewesen sind, die gezeichneten Enden stimmen also mit den zu der Zeit factisch vorhandenen überein. An einigen Stellen bin ich indessen nicht bis an's Ende gegangen; einmal habe ich die Dorsalzweige der Rumpfnerven ganz weggelassen, da sie die Zeichnung unnöthig complicirt hätten. Ebenso habe ich am Hals und in den Extremitätengeflechten einige Stämme unvollständig gelassen, weil sonst die Darstellung unklar geworden wäre, oder auch, weil die Beobachtung nicht präcis genug durchzuführen war. Alle diese Stellen sind als Schnittstellen durch kleine Kreise bezeichnet. Durchweg handelt es sich dabei nur um kurze weggelassene Strecken.

Die beiden benutzten Embryonen Br_3 und *Ko*, der eine von 6,9 mm, der andere von 10,2 mm Nl., waren in Schnitte von je 10 μ zerlegt und (der eine mit Hämatoxylin und Eosin, der andere mit P. Mayer's Carminlösung) so intensiv gefärbt worden, dass das Verhalten der Nerven an jedem Schnitt auf das deutlichste verfolgbar war.

Der N. olfactorius ist bei keinem der beiden Embryonen erkennbar und auch von einem N. opticus als von einer Faserbahn kann noch nicht gesprochen werden.

Der N. oculomotorius tritt bei *Ko* in nahezu gestreckter Richtung auf die Gegend hinter dem Auge zu und er verläuft auf eine weite Strecke im Gewebe des mittleren Schädelbalkens. Ungefähr im Niveau des Trichterfortsatzes kreuzt er sich mit dem N. trochlearis und liegt dabei mehr medialwärts als dieser. Dann erfolgt eine zweite Kreuzung mit dem N. ophtalmicus trigemini dicht am Ciliarganglion vorbei. Die letzte Fortsetzung des Stammes ist bis unter das Auge verfolgbar und sie entspricht, wie man sieht, dem Ramus inferior. Den abgehenden Ramus superior habe ich nicht zu

erkennen vermocht, lege indessen diesem negativen Ergebniss keinen Werth bei.

Der N. trochlearis geht in beinahe gestrecktem Verlauf von seiner Austrittsstelle aus auf das Auge los und er ist über diesem vorbei noch ein Stück weit erkennbar.

N. trigeminus. Die vom G. Gasseri ausstrahlenden drei Stämme gehen in gestreckter Richtung ab. Der Ramus ophtalmicus ist bei *Ko* ein Stück weit über das Ganglion hinaus und über dem Auge vorbei zu verfolgen. Die Rami maxillaris superior und inferior reichen bei Br_3 nur bis in die Wurzel der betreffenden Kieferfortsätze, bei *Ko* gehen sie tiefer in diese herein. Die Portio minor, medialwärts vom Ganglion und parallel dessen hinterem Rande verlaufend, kreuzt den Ramus mandibularis gleich in dessen Beginn und gelangt mit der Hauptmasse ihrer Fasern an dessen Aussenseite. Von da aus kann ich demselben nur noch auf kurze Entfernung folgen.

Der N. abducens verläuft bei *Ko* gleichfalls gestreckt bis hinter das Auge, indem er anfangs von der unteren Fläche des Gehirns wenig entfernt liegt. Er verläuft medialwärts vom G. Gasseri, bez. von dessen zwei hinteren Ausstrahlungen, und sein Ende liegt nahe hinter dem Auge.

Der N. facialis verläuft zur Zeit seines Hervortretens gestreckt nach der Wurzel des Hyoidbogens, bei Br_3 hört er schon hier auf. Bei *Ko* dagegen hat sich der Hyoidbogen stark zurückgekrümmt, er deckt den dritten Bogen zu und berührt die seitliche Halswand. Dem entsprechend ist jetzt auch der erheblich länger gewordene N. facialis zurückgekrümmt und sein freies Ende ist dem Mandibularbogen zugewendet. Nach dieser neuen Richtung hin wachsen in der Folge seine Zweige aus. Ein dünner Nerv tritt als Chorda tympani in die Verschlussplatte der ersten Spalte ein, aber auch dieser Nerv endet nach kurzem Verlauf als Stumpf und erreicht zu dieser Zeit den N. trigeminus noch nicht. Die Bündel des N. acusticus treten an die Medialseite der Gehörblase.

Der N. glossopharyngeus geht gerade abwärts in seinen Visceralbogen. Bei Br_3 nur kurz, hat er bei *Ko* an Länge gewonnen und sein unteres Ende erscheint hier bereits gekrümmt, entsprechend der Dislocation, die der ganze Visceralbogen erfahren hat. Bemerkens-

werth ist die frühzeitige Verbindung des Ganglion petrosum mit dem G. nodosum durch einen schrägen Anastomosenzweig.

Der N. vagus ist sowohl bei *Br*$_3$, als bei *Ko* der längste von den Gehirnnerven. Gestreckten Verlaufs geht er hinter dem vierten Visceralbogen herab, diesem den N. laryngeus superior zusendend. Auch der N. laryngeus inferior ist schon bei *Br*$_3$ zu erkennen. Der Stamm des N. vagus wird bei seinem Eintritt in den Rumpf durch die mächtige Jugularvene medialwärts gedrängt, und er gelangt nun neben die Speiseröhre und hinter das Vorhofsgebiet des Herzens.

Der N. accessorius erscheint als ein abgeplatteter, anfangs neben dem oberen Rückenmarkstheil und dem Gehirn herlaufender Stamm, dem von der Seitenkante des Medullarrohres aus zahlreiche Wurzeln zugeführt werden. Letztere schliessen sich, wie dies schon oben hervorgehoben wurde, den motorischen Vaguswurzeln unmittelbar an. Das Verhalten des Accessorius zum Vagusstamm ist das bekannte: während der vordere Theil desselben in den absteigenden Theil des Vagus übergeht, vereinigt sich der Rest zu einem selbstständigen Ast, dem Ramus externus N. accessorii.

Eine sehr lange Kette von Ursprungsbündeln sammelt sich zum N. hypoglossus. Die hintersten kommen von der einspringenden Ecke der Nackenbeuge, d. h. von der unteren Gehirngrenze, die vordersten reichen noch bis in das Glossopharyngeusgebiet. Der Nerv wendet sich lateralwärts und nach vorn, indem er auf eine Strecke weit das eigentliche Kopfgebiet verlässt, den Sinus praecervicalis von hinten und von unten her umgreifend. Der Hypoglossusstamm kreuzt den Vagus unterhalb des Ganglion nodosum, und etwas unterhalb der Kreuzungsstelle geht, in einer dem Vagusstamm parallelen Richtung, der Ramus descendens ab, welcher lateralwärts von der Jugularvene seinen Weg nimmt.

Rumpfnerven. Im Allgemeinen entsendet jedes von den Rumpfganglien ausser der centralwärts gerichteten Wurzel einen in die Rumpfwand eintretenden dicken Nervenstamm. Eine Ausnahme hiervon macht das alleroberste Halsganglion, das Froriep'sche Ganglion, wie ich es nach seinem Entdecker nennen will. Dieses in der verlängerten Richtung der übrigen Halsganglien unmittelbar neben der Nackenbeuge des Medullarrohres liegende Gebilde entsendet, soweit

ich ersehen kann, weder Stamm noch Wurzelfasern[1]). Ich spreche mich darüber etwas bedingt aus, weil das Ganglion dem Verlaufe der hintern Accessoriusfasern angelagert erscheint. So unwahrscheinlich es mir ist, dass es mit diesen Beziehungen unterhält, so wage ich doch nicht, dies absolut zu verneinen. Ich sehe keinen Grund, dieses abortive Ganglion dem Hypoglossus zuzutheilen, eher noch dürfte man es als Ganglion des Accessorius bezeichnen. Am richtigsten aber ist es, wenn man dasselbe mit keinem der Kopfnerven in Beziehung setzt, sondern es kurzweg den Halsganglien zuzählt, deren Reihe es sich unmittelbar anschliesst. Ausser dem FRORIEP'schen Ganglion scheinen auch die unteren Coccygealganglien zu abortiren, insoweit sie überhaupt zur besonderen Ausbildung gelangen.

Die Nervenbildung geht nicht in der ganzen Ausdehnung des Körpers gleichzeitig und gleich rasch vor sich. Schon in Betreff der Kopfnerven bemerkt man ein ausgesprochenes Vorauseilen von Hypoglossus, Accessorius und Vagus vor den Nn. Facialis, Trigeminus und vor dem N. olfactorius. Am Rumpf sind es die Halsnerven, welche in der Entwickelung voraus sind, und so finden wir auch den Plexus brachialis früher angelegt, als den Plexus lumbosacralis. Es stimmt dieser Gang der Nervenentwickelung mit der übrigen zeitlichen Entwickelungsfolge des Körpers überein, da ja in der Nackengegend auch das Medullarrohr zuerst sich schliesst und die Urwirbel zuerst auftreten.

Im Allgemeinen sind die Nervenstämme zur Zeit ihres ersten Auftretens senkrecht auf die Axe des Medullarrohres orientirt, d. h. sie besitzen dieselbe Orientirung, wie die Ganglien, aus denen sie kommen, bez. an denen sie vorbeitreten. Am reinsten tritt dies Verhalten von Anfang ab bei den Dorsalnerven hervor, während bei den Hals- und bei den Lumbosacralnerven schon auf der Stufe von Br_3 eine theilweise Schrägstellung der Stämme vorhanden ist. Bei den Verschiebungen, die die Theile durch das ungleiche Wachsthum der verschiedenen Zonen erfahren, ändert sich auch die relative Stellung der Nervenstämme. So wird durch die Emportreibung des Nackentheiles des Medullarrohres die Richtung sämmtlicher oberen Hals-

1) Das Ganglion ist auch in Fig. 62 der Anat. menschl. Embr. III, S. 89 eingezeichnet, ohne indessen im Text erwähnt zu sein.

nerven steiler denn zuvor, ein Verhältniss, das bei Vergleichung der Figuren *Br*₃ und *Ko* sofort in die Augen fällt. Ebenso erscheint es unverkennbar, dass die bei Abgliederung der Extremitäten eintretende Zusammenziehung ihres Wurzelgebietes eine Convergenz der in sie eintretenden Stämme mit sich bringt.

Innerhalb eines Nervenstammes verlaufen zwar die Fasern longitudinal, ohne indessen absoluten Parallelismus inne zu halten. Schon der Umstand, dass ja die Ganglien dicker sind, denn die abgehenden Stämme, bedingt es, dass die Fasern etwas convergent in die letzteren eintreten, und da die Fasern innerhalb des Stammes lose beisammenliegen, so ist ihnen die Möglichkeit geboten, sich stellenweise auch in ihren Richtungen zu verschränken. Das Bild, das ein längsgetroffener Nervenstamm gewährt, zeigt die Axencylinder zu kleinen Büscheln zusammengeordnet, die einander bald näher treten, bald sich von einander entfernen, und die auch mannigfach sich überlagern und durchkreuzen. Bei den Extremitätennerven zur Zeit ihres frühesten Auftretens laufen die kurzen Stümpfe pinselförmig aus, wie dies Taf. II, Fig. 4 für die Nerven der unteren Extremitäten von Embryo Br_3 zeigt.

Mit dem büschelförmigen Auseinanderweichen der Stümpfe der Extremitätennerven ist die erste Einleitung zur Geflechtbildung getroffen, denn es ist klar, dass durch die Begegnung benachbarter Büschel Stammesanastomosen entstehen können. Weitere Bedingungen für die Geflechtbildung sind aber da gegeben, wo primär oder secundär eine Convergenz der hervorwachsenden Stämme vorhanden ist. Die Verschiebungen in der Hals- und in der Beckengegend liefern hierbei eine Reihe von besonderen Motiven. Vor allem sieht man, wie die beim Hervorsprossen der beiderseitigen Stämme gekreuzte Richtung der hinteren Kopf- und der oberen Halsnerven die Möglichkeit zahlreicher Begegnungen und Anastomosenbildungen zur Folge hat.

Auf Einzelheiten eingehend, so finden wir bei Embryo Br_3 erst die Anfänge des Hals- und des Armgeflechtes, während bei *Ko* das System der Verästelungen in seinen Grundzügen angelegt ist. Von den schräg nach abwärts steigenden, unten sich anastomosirenden Stämmen des Plexus cervicalis gehen nach vorn eine Reihe von Zweigen ab, unter denen sich nach der Abgangsweise der N. occi-

pitalis minor von 1 und 2, die Nn. auricularis magnus und cervicalis superficialis von 2 und 3 kommend, sowie die Nn. supraclaviculares und der N. phrenicus sicher bestimmen lassen. Der N. phrenicus steigt anfangs, am Plexus brachialis vorbei, steil herab und tritt dann in die Wand der Brusthöhle ein. Hier liegt er in einer kleinen gegen die Höhlenlichtung hervortretenden Leiste unmittelbar hinter der Vena cava superior[1]). Wenn einmal die Vene nebst ihrem Gekröse den Organen des Mittelraumes sich angeschlossen hat, liegt der Nerv, wie dies FR. SCHMIDT erkannt hat, innerhalb der Membrana pleurocardiaca.

Am Plexus brachialis betheiligen sich die bekannten fünf Stämme. Das Wurzelgebiet der Extremität, d. h. die Fläche, die man bei flacher Abtragung der letzteren vom Rumpf erhalten würde, ist an den Figuren punktirt eingetragen. Man sieht, dass dasselbe dorsalwärts den drei unteren zum Geflecht gehörigen Ganglien sehr nahe rückt; das Ganglion des sechsten Halsnerven liegt noch im gleichen Niveau, aber durch einen Zwischenraum davon getrennt, und das fünfte Halsganglion steht auch bei Br_3 höher denn die Extremitätenwurzel. Dem entspricht nun auch das Verhalten der Stämme. Der fünfte geht der Hauptsache nach noch an der Extremität vorbei, daneben ist er aber durch gegenseitigen Faseraustausch mit seinem Nachbarn, dem sechsten Nerven verbunden. Durch die Verbindung von cerv. 5, 6 und 7 einerseits, von cerv. 8 und dors. 1 andererseits und durch intermediäre Verbindung der verschiedenen Wurzeln bilden sich die drei grosssen Stränge des Plexus brachialis, aus denen späterhin die langen in die Extremität eintretenden Aeste hervorgehen. Von diesen drei Strängen liegt der obere, bei der Bildung des Medianus und des Musculo cutaneus betheiligt, in der Flucht des sechsten Halsnerven, und er bekommt ausserdem Zuschuss vom fünften und vom siebenten. Der folgende Strang, aus dem die Nn. axillaris und radialis hervorzugehen haben, liegt in der Flucht des siebenten und er bekommt Zuschuss vom sechsten und achten Halsnerven, und der untere Strang endlich, aus dem die zweite Hälfte des Medianus, der N. ulnaris und die Cutanei

1) Diese Leiste, deren Bedeutung mir früher viel zu denken gegeben hat, findet sich u. a. abgebildet in der Anat. menschl. Embr. Taf. II, Fig. 38—41 und Taf. V, Fig. 69 und 70. In Betreff des Verhalten der Vene vergl. III, S. 145—147.

sich bilden müssen, geht in bekannter Weise aus dem Rest des achten Halsnerven und aus dem ersten Brustnerven hervor. Der zweite und der dritte Brustnerv entsenden ein jeder in sehr deutlicher Weise einen der Extremität zustrebenden R. intercosto-humeralis.

Ueber die nun folgenden Dorsalnerven ist nicht viel mitzutheilen. Dieselben sind anfangs nur kurz und sie erreichen bei Embryo *Br*₃ nur das Randgebiet der Leibeshöhle, ohne in die eigentliche Brust- und Bauchwand einzutreten. Später dringen sie nach vorn vor, indem sie in Bogenlinien den Bauch umgreifen.

Der Plexus lumbosacralis ist bei Br_3 noch nicht vorhanden, wogegen er bei *Ko* in seinen Hauptstämmen vorliegt. Vom ersten Lumbalnerven aus gehen zwei, und von seiner Verbindung mit dem zweiten ein fernerer Ast in die Bauchwand, die auf eine grössere Strecke weit verfolgbar sind. Es sind diese als die Nn. ileohypogastricus, ileoinguinalis und genitocruralis zu deuten. Dieselben verlaufen durchweg ausserhalb des Wurzelfeldes der Extremität, wogegen der nun folgende aus den Nn. lumbales 2 und 3 kommende Ast bereits die Extremität erreicht. Es ist dies der N. cutaneus externus. Die nächste Anastomose zwischen 2, 3 und 4 liefert den N. obturatorius und den N. cruralis, von denen jener dem ventralen Rande des Wurzelgebietes sich zuwendet. Nun folgt in breiter Ausdehnung, von den Nn. lumbales 4 und 5 und sacralis 1 und 2 kommend und theilweise noch mit 3 verbunden, der Plexus ischiadicus. Ein fernerer, von dem zweiten und dritten Sacralnerven gebildeter Ast liegt schon jenseits von der Extremitätenwurzel, es ist der N. pudendus communis. Die nun folgenden Stämmchen sind auch bei *Ko* ausnehmend kurz und die Segmente, welche jenseits des fünften Sacralnerven gezeichnet sind, sind überhaupt nicht mehr als Ganglien, sondern als Urwirbel erkennbar gewesen.

In Betreff der Innervationsverhältnisse der Extremitäten und des Rumpfes hatte ich vor einigen Jahren eine Anzahl von Folgerungen an die Aussenbetrachtung von Embryonen angeknüpft[2], wofür nunmehr die Profilfigur von *Ko* die thatsächliche Bestätigung liefert. Es

1) l. c. pag. 169 und Taf. V, Fig. 3.

2) Anat. menschl. Embr. I, S. 18 und 19.

ist damals darauf hingewiesen worden, wie die Innervation der oberen und der unteren Extremität genau der primitiven Stellung entspricht. Es wurde ferner gezeigt, wie durch die Krümmung des embryonalen Leibes ein strahliges Zusammenlaufen der auswachsenden Nervenbahnen nach der oberen Brustwand und nach der Dammgegend hin bedingt wird und wie in diesen Bezirken Nerven, von ziemlich entlegenen Ausgangspunkten herkommend, sich begegnen, an der Brust die Nerven vom 3. und 4. Hals- mit denen vom 2. und 3. Brustnerven, am Damm diejenigen von oberen Lumbal- mit solchen von mittleren und unteren Sacralnerven. Dabei kam noch das eigenthümliche Verhalten zur Sprache, dass die Extremitäten die Nerven ihres Bezirkes abfangen und von einem weiteren ventralwärts gerichteten Vordringen abhalten. Die Versorgung der ventralwärts von der Extremitätenwurzel liegenden Gebiete fällt daher solchen Nerven zu, die von oben oder von unten her die Extremität umgangen haben. Diese und ähnliche Verhältnisse sind meines Erachtens nunmehr mit Hülfe der Figur klar zu übersehen.

Was die Nn. dorsales der Rumpfnerven betrifft, so sind diese, wie ich schon bei früherem Anlass beschrieben und abgebildet habe, sehr zeitig zu erkennen als Faserstränge, welche in den Raum zwischen dem Ganglion und dem ihn bedeckenden Urwirbel eintreten. Den N. sympathicus habe ich von der diesmaligen Behandlung ausgeschlossen, indem derselbe eine gesonderte Bearbeitung verlangt. Auf den einen Punkt darf ich indessen hier hinweisen, dass für ihn in besonderem Maasse jene Bedingungen zutreffen, die wir oben in Hinsicht der Plexusbildung hervorgehoben haben, das Aufeinandertreffen von Faserzügen, die in gekreuzter Richtung auswachsen. Seine Längsbahn kreuzt die Bahnen sämmtlicher Spinalnerven, seine Zweigbahnen diejenigen von zahlreichen cerebrospinalen Zweigen.

Die Ausbreitungsweise der Nervenstämme.

Kurz nach ihrem Hervortreten aus dem Medullarrohre oder aus den Ganglien haben die Nervenstämme, auch wenn sie späterhin verwickelte Bahnen befolgen, einen gestreckten Verlauf. Demzufolge gelangen sie auch zunächst zu solchen Theilen, die in der geraden Richtung ihres Auswachsens gelegen sind. Sehr auffällig ist dies zu-

nächst bei den Augenmuskelnerven, die alle drei auf längere Strecken hin beinahe wie mit dem Lineal gezogen erscheinen, und die schliesslich in der Nähe ihrer Endbezirke unter einander und mit dem ersten Trigeminusast sich durchkreuzen. Auch bei den drei Aesten des N. trigeminus, ferner beim N. facialis und beim N. glossopharyngeus ist die Richtung von Anfang ab gestreckt und es ändert sich dies Verhalten erst infolge der Umgestaltung der Visceralbogen, die die Nervenstämme umschliessen[1]. Einen auf längere Ausdehnung gestreckten Verlauf zeigt ferner der N. vagus, und gerade bei diesem Nerven sind auch die entlegneren Ausbreitungsbezirke, Herz, Oesophagus und Magen in der Verlängerung der ursprünglichen Richtung befindlich. Man ist im Allgemeinen geneigt, die Innervation dieser Theile durch den Vagus dadurch zu erklären, dass dieselben ursprünglich dem Kopf angehört oder doch demselben nahe gelegen haben. Sie sollen dann bei ihrer Dislocation den Nerven mit sich genommen haben. Diese Auffassung, die ich selber lange Zeit vertreten habe, ist bei genauerer Ueberlegung nicht stichhaltig. Der Nerv geht mit der Hauptmasse seiner Fasern direct in den Rumpf hinein und er versieht solche Theile, die diesem von Anbeginn ab angehört haben. Die Trachea, das Speiserohr, der Magen und ebenso der Vorhof des Herzens haben niemals zum Kopf gehört. Die Grenze des embryonalen Kopfgebietes ist im visceralen System durch den Rand des vierten Bogens bezeichnet und, auf die bleibenden Organe bezogen, schneidet dieselbe zwischen dem Schild- und dem Ringknorpel des Kehlkopfes durch.

Von ihrer ursprünglich gestreckten Bahn können die Nerven durch verschiedene Einflüsse abgelenkt werden. Dahin gehören, wie dies bereits oben erwähnt worden ist, Verbiegungen der Theile, innerhalb deren ein Nerv gelegen ist. In dieser Weise bekommen durch Verbiegung des Unterkieferbogens, des Hyoidbogens und des dritten Visceralbogens die ursprünglich gestreckten Nn. mandibularis, facialis und glossopharyngeus einen gekrümmten Verlauf. Indem aber das Ende also verbogener Nerven an der Umlagerung Theil nimmt, wird auch die Richtung des Auswachsens eine andere, als sie ursprünglich gewesen war. Hierfür giebt besonders der N. fa-

---

1) l. c. III, pag. 88.

cialis ein schlagendes Beispiel, indem seine Zweige bis zur Stirn emporsteigen. Durch Verdrängung seitens von Nachbartheilen können Nervenstämme gleichfalls aus ihrer gestreckten Lage gebracht werden. Dies gilt z. B. für den N. laryngeus inferior, der durch den in die Brust herabsteigenden untersten Aortenbogen mitgenommen und im Laufe der fünften Woche zu einer langen Schleife umgewandelt wird, während er am Schlusse der vierten (bei Br_3 und selbst bei *Ko*) noch kein recurrirender Nerv ist.

Ein Nerv kann bei seiner Ausbreitung auf Widerstände stossen, und zwar können in der Hinsicht Blutgefässe, Knorpel oder überhaupt verdichtete Stellen bestimmend wirken. Schon oben wurde hervorgehoben, wie die Vena jugularis den Verlauf des N. vagus etwas medianwärts ablenkt. Auf den N. hypoglossus hat dieses Gefäss gleichfalls einen ablenkenden Einfluss. Zu der Zeit, da die Nerven eben aufzutreten beginnen, sind noch keine eigentlichen Knorpel da, höchstens solche Gewebsverdichtungen, welche wir mit HASSE als Vorknorpel bezeichnen können. Aber die knorpeligen Skelettanlagen entwickeln sich gleichzeitig mit den Nervenstämmen, und sie überholen diese besonders in den peripherischen Bezirken, so dass die Nerven bei ihrem weiteren Vordringen allenthalben deren Widerständen begegnen. Es kommt nun zu jenen spiraligen Umwachsungen, wie wir sie bei verschiedenen Extremitätennerven kennen, oder zu anderweitigen Bahnablenkungen.

Vorhandene Widerstände kommen nicht allein für die Ablenkung der Stämme, sondern auch für deren Theilung in Betracht. Indem ein Stamm auf einen Widerstand, z. B. auf einen Knorpelstreifen stösst, werden verschiedene Fasern in verschiedener Richtung abgelenkt und der Stamm theilt sich. So gabeln sich z. B. der N. mandibularis und der N. lingualis an der Grenze des MECKEL'schen Knorpels. Auch kleinere Gefässe, sowie Epithelialgebilde können unzweifelhaft in gleicher Weise wirken. Indessen sind nicht alle Fälle von Stammtheilung auf solche äussere Beeinflussung zurückzuführen. Es kann eine Divergenz von Fasern schon innerhalb eines Stammes eingeleitet sein, und besonders kann innerhalb eines Ganglions die Lagerung der Zellen es mit sich bringen, dass die Fasern nicht alle in derselben Richtung austreten. Die Trennung der drei Trigeminusäste ist offenbar auf die primären Verhältnisse im Ganglion zurückführbar und Aehnliches gilt vom N. acustico-facialis.

Für das Auswachsen centraler Nervenfasern sind ähnliche Grundsätze als massgebend zu erachten. Auch hier wachsen die Fasern voraussichtlich in der Richtung ihres Endstückes weiter, bis ihnen der Weg durch einen Widerstand verlegt wird, oder bis ihr Wachsthum aus inneren Ursachen stille steht. Die longitudinale Umbiegung der sensibeln Wurzeln an der Oberfläche vom Rückenmark und Gehirn ist darauf zurückzuführen, dass die hier anlangenden Fasern in derselben Richtung nicht weiter vordringen können und daher aus ihr abgelenkt werden. Im Innern des Marks bildet das Myelospongium von früh ab ein System von Gängen, die für die Ausbreitungsweise der Fasern von allergrösster Bedeutung sein müssen. Wenn dies System schon auf die in früher Zeit sich entwickelnden Axencylinder leitenden Einfluss hat, so wird es fast noch bedeutsamer sein für die weit später entstehenden verzweigten Ausläufer der Nervenzellen. Gerade wegen ihres späten Erscheinens und wegen der grossentheils erfolgten Raumerfüllung finden diese von vornherein für eine geradlinige Ausbreitung ungünstige Bedingungen, ja, man ist versucht, die Verzweigungen selber nicht sowohl auf innere, in den Zellen wirksame Bedingungen, als auf äussere im Ausbreitungsgebiet liegende Momente zurückzuführen, und dies liegt um so näher, da ja auch die in ihrem übrigen Verlauf ungetheilten sensibeln Fasern nach ihrem Eindringen ins Mark laut den übereinstimmenden Angaben der competenten Forscher in getrennte Fibrillen auseinanderweichen.

Die zuletzt ausgeführten Erörterungen weisen darauf hin, ein wie grosses Gewicht bei der Entwickelung des centralen und des peripherischen Nervensystems auf das zeitliche Ineinandergreifen der einzelnen Vorgänge zu legen ist. Derselbe Grundvorgang führt zu verschiedenen Folgen, je nachdem er früher oder später eintritt: eine auswachsende Faser z. B. findet andere Bedingungen der Ausbreitung, wenn sie in weiches oder wenn sie in ein bereits verdichtetes Gewebe eindringt. Bis jetzt können wir im Ganzen und Grossen folgende zeitliche Reihenfolge von Entwickelungsvorgängen aufstellen:

1) Bildung eines Myelospongiums;
2) Hervortreten von Axencylindern aus den Zellen der Mantelschicht;
3) Bildung der ersten das Mark verlassenden Nervenstämme;

4) Entwickelung von Skelettanlagen;
5) allmähliches Vordringen der Nervenstämme bis zur Peripherie;
6) Entwickelung verzweigter Ausläufer innerhalb der Centralorgane.

In dieser Aufzählung, die natürlich nur eine sehr grobe Idee von dem thatsächlichen Ineinandergreifen der Verhältnisse geben kann, ist der Ungleichzeitigkeit noch keine Rechnung getragen, welche für die verschiedenen Abschnitte des Medullarrohres besteht, und deren schon oben (S. [21]) Erwähnung geschehen ist. Während die Medulla oblongata und das Halsmark vorauseilen, bleiben die Hemisphären und die untersten Rückenmarksabschnitte lange zurück, und auch diese Eigenthümlichkeiten müssen für die endgültige Organisation des Apparates von Bedeutung sein.

Ich kann nicht umhin mit einigen allgemeinen Betrachtungen meinen Aufsatz zu schliessen.

Aus der gegebenen Darstellung geht hervor, dass beim Aufbau unseres Nervensystems Principien allereinfachster Art in Betracht kommen. Wir können uns in der That kaum einen einfacheren Vorgang denken, als dass von einer Zelle aus ein Faden so lange weiter wächst, bis er schliesslich auf ein Endorgan stösst, oder bis sein Weiterwachsen überhaupt aufhört. Wir können uns nichts anscheinend Gröberes denken, als dass bei diesem Auswachsen der Fasern äussere im Wege liegende Hemmnisse, Gefässe, Knorpel und die im Gehirn vorhandenen Gerüstfasern die Richtung beeinflussen und damit das endgiltige Auslaufen der Fasern bestimmen. Nichts Einfacheres giebt es ferner, als die Thatsache, dass wenn verschiedene Bahnen unter einen Winkel zusammenstossen, sie theils ineinanderfliessen, theils sich durchkreuzen.

Bei aller dieser Einfachheit der Grundvorgänge und bei aller dieser Bestimmbarkeit derselben durch scheinbare Zufälligkeiten erscheint als Endergebniss des Gesammtvorganges der Aufbau eines Systems, das durch die Complication seiner inneren Gliederung aller unserer zu seiner endgiltigen Entwirrung unternommener Bemühungen zu spotten scheint, eines Systems, dessen Leistungen auf das Allerfeinste abgemessen und in einander gepasst erscheinen und das überhaupt erst unseren Leib zu einem beseelten macht.

Und zu allem übrigen Wunderbaren, was dies System darbietet,

kommt hinzu, dass dasselbe nur zum allerkleinsten Theil unser individuelles Besitzthum ist, dass dasselbe Eigenschaften unserer Eltern und unserer Voreltern bis in weitest zurückliegende Generationen reproducirt.

Nachdem die Forschungen des verflossenen Jahrzehnts den directen Uebergang elterlicher Kernstoffe in den Keim des neu entstehenden Wesens dargethan haben, hat man vielfach geglaubt, in der Natur dieser Stoffe die Lösung des Erblichkeitsräthsels zu finden, wie denn überhaupt in neuester Zeit die rein stofflichen Zeugungstheorien wieder erheblich in den Vordergrund getreten sind. Die Natur der Zeugungsstoffe ist sicherlich nicht gleichgiltig; aber eben so sicher scheint mir, dass alle unsere Bemühungen, in Stoffen allein diese Lösung zu finden, scheitern müssen. Nicht der Stoff als solcher, sondern die am Stoff ablaufenden Vorgänge sind das Wesentliche. Als ein grosser periodischer Process stellt sich das Leben dar, als ein Process, dessen einzelne Vorgänge, sie mögen so einfach oder so complicirt sein, als sie wollen, in räumlich und zeitlich streng geordneter Weise ineinandergreifen, und dabei von einem Gliede der Generation zum anderen in derselben Reihenfolge sich reproduciren. Das im Wesen der periodischen Function begründete gesetzmässige Ineinandergreifen der zahllosen Einzelnprocesse lässt eine jede Entwickelungssufe als Ergebniss der vorangegangenen, sowie als Bedingung der nachfolgenden Stufen erscheinen, unserem beschauenden Geiste aber gewährt es den Eindruck jener inneren Ordnung, für welche wohl auch heute noch die alte Leibniz'sche Bezeichnung einer prästabilirten Harmonie als die zutreffendste sich erweist.

Tafelerklärung.

Tafel I.

Fig. 1. Dem Gehirnprofil eingezeichnete motorische Nervenkerne und aufsteigende sensible Wurzeln vom Embryo *Ko* (Nl. 10,2 mm). Vergr. ca. 20 des Originals. Die Austrittsstellen der Wurzeln sind durch helle Ovale angedeutet. Bei den Nn. accessorius und hypoglossus ist die Zahl dieser Austrittsstellen nur approximativ innegehalten. Die Ausdehnung der Gehörblase ist durch eine punktirte Linie bezeichnet, ebenso den Weg der absteigenden Trigeminuswurzel, welche bei dem Embryo nicht mit Sicherheit erkannt werden konnte.

Fig. 2. Motorische Nervenkerne des etwas älteren Embryo *Ha* (Nl. 10,5 mm). Vergr. ca. 18 der Schnitte. Die Figur ist deshalb mitgetheilt, weil in diesem Fall eine absteigende Trigeminuswurzel (*Rd*) erkennbar gewesen ist.

Tafel II.

Fig. 3. Nervensystem vom Embryo *Ko*. Nl. 10,2 mm. Vergrösserung auf das Original bezogen ca. 20fach. Construirt nach den photographischen Aufnahmen der Schnitte. Die Nerven sind im Allgemeinen soweit gezeichnet, als sie vorhanden waren; wo dies nicht der Fall ist, ist eine Schnittfläche angedeutet (s. Text S. [40]). Die Kopfnerven bez. deren Ganglien sind mit römischen, die Rückenmarksnerven mit arabischen Ordnungszahlen versehen.

G.c. Ganglion ciliare.
G.G. – Gasseri, darunter die Portio minor trigemini.
G.r. – rhinicum.
G.o. – oticum.
G.v. – vestibuli. Dasselbe deckt das G. cochleae und die obere Hälfte des G. geniculi, sowie das obere Ende des N. facialis zu.
G.b. Gehörblase mit Recessus vestibuli und cochleae. Das Ehrenritter'sche Ganglion ist z. Th. noch von der Gehörblase überlagert.
G.p. Ganglion petrosum, darüber die Anastomose mit dem G. jugulare.
G.j. Ganglion jugulare.
G.n. – nodosum.

F. Froriep'sches Ganglion.
C. Chorda tympani, die Grube des äusseren Ohres kreuzend.
l. N. laryngeus superior.
l.i. – – inferior.
S. Sinus praecervicalis.
R.d. Ramus descendens hypoglossi.
p. N. phrenicus.
i. Nn. intercosto-humerales vom zweiten u. dritten Brustnerven.
ih. N. ileohypogastricus.
ii. – ileoinguinalis.
gc. – genitocruralis.
c.e. – cutaneus externus.
cr. – cruralis.
o. – obturatorius.
is. – ischiadicus.
p.c. – pudendus communis.
S. Sinus praecervicalis.

Herz, Leber, Magen und Darm sind leicht angedeutet, die Wurzeln der Extremitäten durch punktirte Linien angegeben.

Fig. 4. Peripherisches Nervensystem vom Embryo Br_3 (Nl. 6,9 mm). Vergr. auf das Original bezogen ca. 25fach. Nach den photographischen Schnittaufnahmen construirt. Bezeichnungen wie für Fig. 3.

Im Grunde des Sinus praecervicalis (S.) sind der dritte und vierte Visceralbogen sichtbar. Von dem dahinter liegenden G. nodosum geht der N. laryngeus superior ab, etwas tiefer sieht man den vom Vagusstamm sich ablösenden N. laryngeus inferior.

Auch bei diesen Figuren sind, überall da, wo keine Schnittflächen angegeben sind, die Nerven soweit gezeichnet, als sie überhaupt nachweisbar waren. Die Extremitätenwurzel ist oben und unten durch eine punktirte Linie umgrenzt.

Bei den Nn. trigeminus, acusticus, glossopharyngeus und vagus ist die Austrittsstelle der Wurzeln aus dem Gehirn durch ein helles Oval angegeben. Die kurzen Stümpfe, jenseits davon, sind die inneren, bez. die aufsteigenden Wurzeln der betreffenden Nerven, die zu der Zeit noch sehr kurz sind.

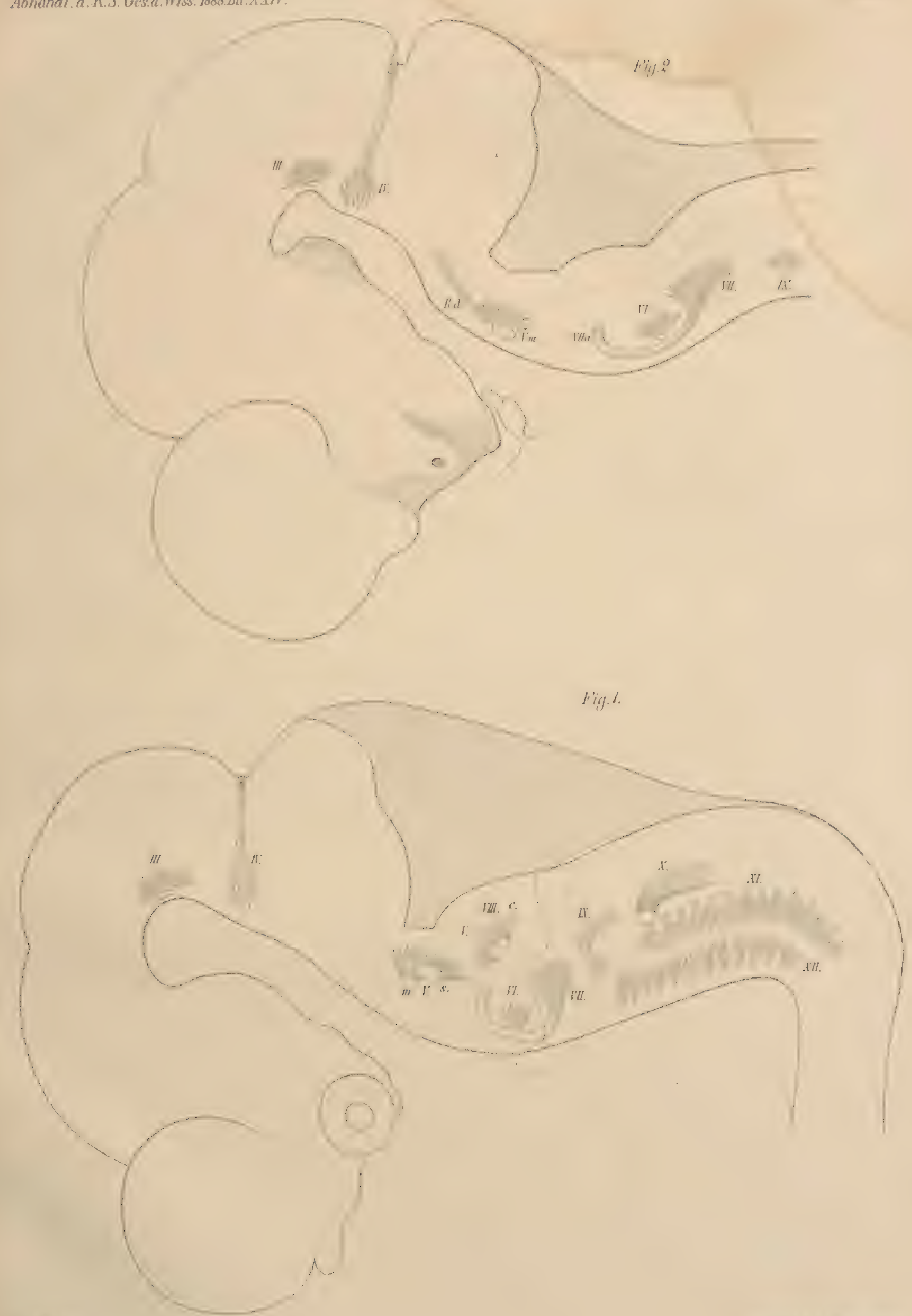
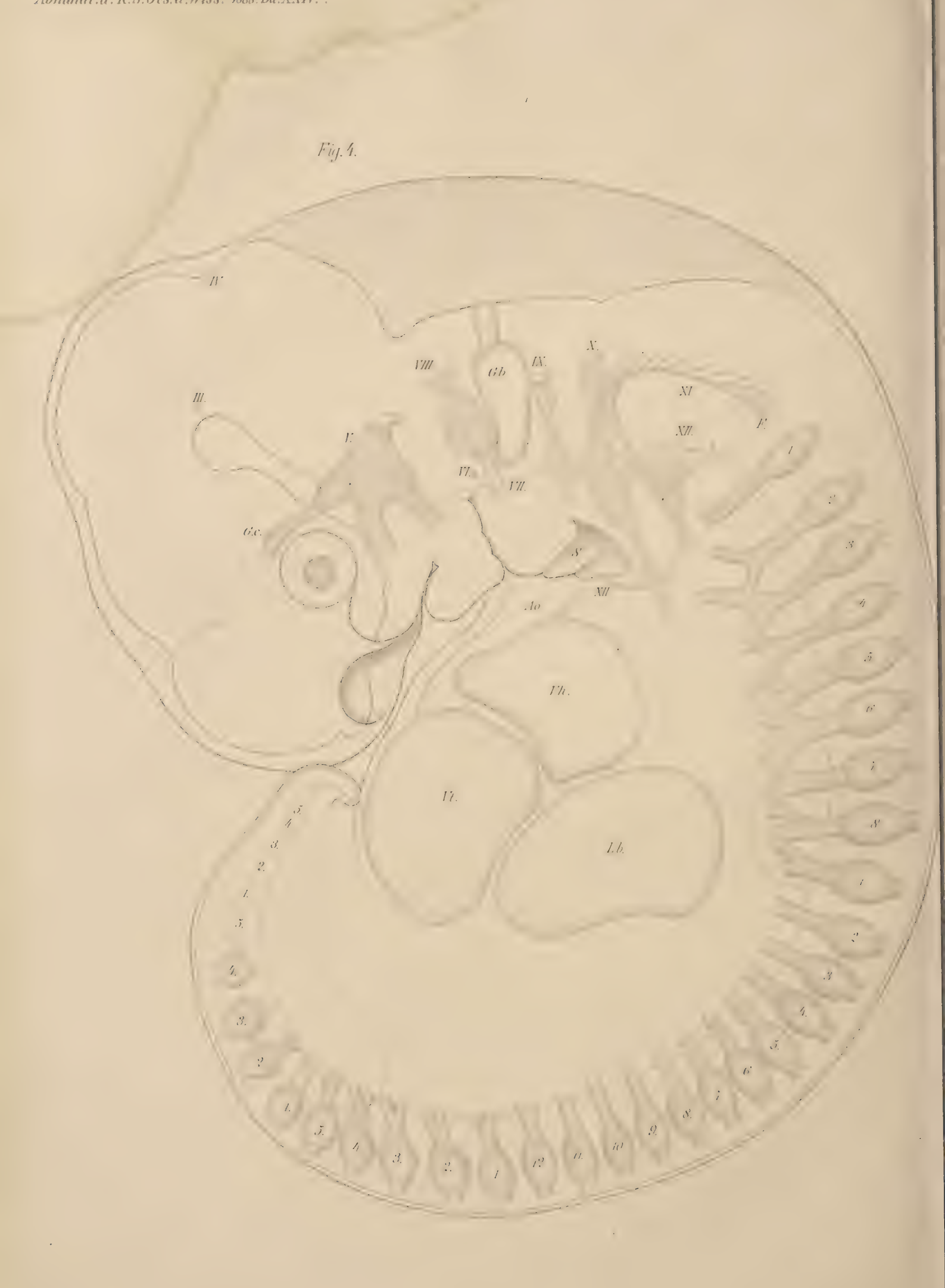

Fig. 2
III
IV.
Rd
Vm
VIIa
VI
VII.
IX.
Fig. 1.
III.
IV.
VIII.
c.
V.
m
V.
s.
VI.
VII.
IX.
X.
XI.
XII.

Fig. 4.



W. His gez.


Tab. II.
Fig. 3.
III.
XI.
F.
IX.
G.b.
Gj.
XII.
G.c.
Gr.
Go.
VI.
VII.
G.p.
G.n.
S.
l.i.
R.d.
p.
g.c.
ii
i.h.
i.s.
pc.
o.
cr.
ce.
Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.


G.E.STECHERT
& Co.
NEW YORK

